

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE

PRESENTE A

L'UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIERES

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE EN PSYCHOLOGIE

PAR

MANON CLOUTIER

INFLUENCE DU NIVEAU INITIAL DE SENSIBILITE
AU CONFLIT COGNITIF SUR L'APPRENTISSAGE DES MATHEMATIQUES
EN FONCTION DE DEUX TYPES DE METHODE D'APPRENTISSAGE

AVRIL 1983

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

Table des matières

Introduction	1
Chapitre premier - Position du problème	6
Contexte théorique	7
Problématique et hypothèses de la recherche	32
Chapitre II - Description de l'expérience	35
Sujets	36
Schème expérimental	38
Traitement des données	52
Chapitre III - Analyse des résultats	54
Résultats	55
Interprétation des résultats	71
Conclusion	76
Appendice A - Description et cotation du test MAE	81
Appendice B - Description et cotation des épreuves prédictives	93
Remerciements	131
Références	132

Sommaire

Pour essayer de clarifier l'influence du niveau initial de sensibilité au conflit cognitif sur la qualité de l'apprentissage mathématique chez l'enfant et ce, en fonction de deux types de méthode d'apprentissage, la présente étude cherche à vérifier deux hypothèses. La première veut que le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif ait une influence significative sur les progrès mathématiques réalisés par nos deux groupes (enfants en classe "d'attente", âgés entre 6;0 et 6;11 ans), alors que la seconde suppose que cette influence s'avèrera plus déterminante dans le cas du premier groupe (méthode d'apprentissage scolaire habituel) qu'au niveau du second groupe (méthode d'apprentissage proposé dans le plan de "readiness"; Quintin, 1980). Pour vérifier nos hypothèses, les deux groupes seront soumis initialement au pré-test MAE (Quintin, 1978) et aux épreuves prédictives (Lefèbvre, 1973), puis à une période d'apprentissage (six mois) selon leur méthode respective, et finalement resoumis au post-test MAE. Or, nos résultats indiquent que le niveau initial de sensibilité

au conflit cognitif n'a d'influence significative que dans le cas du premier groupe, alors qu'il n'en a aucune dans le cas du second groupe. La discussion montre que la méthode d'apprentissage utilisée a une influence prépondérante, puisqu'elle peut contrecarrer l'influence du niveau initial de sensibilité au conflit cognitif.

Introduction

L'objectif visé par cette recherche est de clarifier, à partir de la notion de sensibilité au conflit cognitif, le problème de la réussite différentielle en mathématique, selon le type de méthode d'apprentissage utilisé. En fait, depuis maintenant bien des années, les mathématiques ont pris une importance primordiale dans le monde moderne; cependant, il est facile d'observer que beaucoup d'enfants rencontrent des difficultés particulières en ce domaine.

Cette constatation a d'ailleurs fait l'objet de différentes études, dont celle de Heimgartner (1968) qui constata qu'effectivement les difficultés mathématiques des enfants apparaissaient très tôt. D'ailleurs, Aiken et Lewis (1971) observèrent pour leur part que les différences individuelles dans les habiletés mathématiques se faisaient sentir non seulement tôt, mais qu'elles tendaient à augmenter considérablement avec l'âge.

Face à cela, bien des chercheurs (Kingsley et Hall, 1967; Halford, 1970) ont tenté de mettre au point des méthodes d'apprentissage mathématique de plus en plus efficace; or, malgré ces efforts, les différences individuelles

rencontrées chez les enfants demeuraient. C'est donc dans ce contexte de travail que chacun en vint à s'interroger sur les conditions requises pour qu'un enfant soit sensible aux situations d'apprentissage.

Or, c'est à partir de ce cadre de recherche que se développa peu à peu le concept de "conflit cognitif". En fait, Piaget, avec ses travaux sur l'organisation cognitive de l'enfant, apparaît comme le grand précurseur des études sur le modèle conflictuel. Ainsi, bien des auteurs (Smedslund, 1961; Palmer, 1965; Langer, 1969) ont progressivement tenté d'approfondir le concept de conflit cognitif à travers la théorie piagétienne, et plus particulièrement à travers le processus d'équilibration élaboré par Piaget (1924, 1947, 1957, 1971, 1975).

La plupart des recherches dans le domaine (Mischel, 1971; Lefèbvre, 1971; Kuhn, 1972) confirmèrent rapidement l'importance pour l'enfant d'être en état de conflit cognitif, pour mieux progresser dans son apprentissage mathématique. Ainsi, il fut constaté que plus l'enfant était sensible à ses propres contradictions, plus il était en mesure de profiter adéquatement des apprentissages qui lui étaient proposés.

Lefèbvre (1973), travaillant plus spécifiquement sur la notion de sensibilité au conflit cognitif, identifia certains prérequis essentiels pour qu'un enfant soit sensible au conflit, et conclut que cette sensibilité a une influence déterminante sur la qualité des apprentissages mathématiques des enfants.

Or, sans nier l'influence du niveau de sensibilité au conflit cognitif, nous croyons cependant que le type de méthode d'apprentissage a aussi une influence sur la qualité de l'apprentissage mathématique chez l'enfant. C'est donc dans ce contexte de travail que la présente recherche se situe, le but de notre étude étant de clarifier l'influence du niveau de sensibilité au conflit cognitif, en fonction de deux types de méthode d'apprentissage mathématique. Dans cette perspective, nous supposons que le niveau de sensibilité au conflit cognitif aura une influence sur la qualité de l'apprentissage mathématique de l'enfant; par contre, nous croyons aussi que cette influence n'aura pas la même portée déterminante selon le type de méthode d'apprentissage utilisé.

Donc, les chapitres qui suivent, décrivent et discutent les assises théoriques et expérimentales de la notion

de sensibilité au conflit cognitif, élaborent sur les méthodes utilisées pour vérifier nos hypothèses, et rendent compte des résultats obtenus de façon descriptive et interprétative.

Chapitre premier
Position du problème

Contexte théorique

L'apprentissage des mathématiques chez l'enfant est depuis fort longtemps la préoccupation majeure de bien des chercheurs. Or, l'un des problèmes ayant suscité le plus de travaux, est celui de l'efficacité différentielle rencontré dans différents modes d'apprentissage.

Dans ce contexte, deux grandes tendances de recherche émergent plus particulièrement. L'une, s'est surtout attachée à définir l'organisation cognitive que doit posséder l'enfant pour profiter adéquatement d'un apprentissage mathématique donné. C'est à partir de ce type de recherche, portant sur l'organisation mentale en général, que se développa peu à peu le concept de "conflit cognitif". En fait, le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif est à l'heure actuelle une des explications les plus plausibles en vue d'éclaircir le problème de la réussite différentielle, par rapport à certains apprentissages spécifiques (v.g. la conservation).

L'autre tendance, s'est surtout donnée comme but

d'élaborer des méthodes et des programmes mathématiques, pouvant améliorer et même accélérer les acquisitions de l'enfant en ce domaine. Or, selon la méthode d'apprentissage utilisée, on peut aussi s'attendre de trouver le même phénomène de réussites différentielles.

La présente recherche, portant surtout sur le développement cognitif, s'intéressera plus particulièrement à la première perspective, traitant ainsi de l'importance de la sensibilité au conflit cognitif, dans un contexte d'apprentissage mathématique.

Le conflit cognitif

Le phénomène de la réussite différentielle dans l'apprentissage logico-mathématique, amena divers chercheurs à s'interroger sur les conditions requises pour qu'un enfant soit sensible aux situations d'apprentissage. En d'autres mots, quels facteurs pouvaient expliquer le fait que certains enfants progressent avec une méthode d'apprentissage, alors que d'autres ne réalisent à peu près aucun progrès.

Diverses facettes du problème furent donc explorées, et plusieurs chercheurs en vinrent à se demander si

l'explication ne se situerait pas tout simplement au niveau de l'organisation cognitive de l'enfant. En effet, il semblait que l'enfant devait probablement posséder un type d'organisation cognitive spécifique, pour profiter adéquatement des situations exploitées dans une méthode d'apprentissage.

C'est donc dans ce contexte que les concepts de "conflit cognitif" et de "sensibilité au conflit cognitif" prirent toute leur importance. Or, ces concepts prennent source dans la théorie piagétienne du développement intellectuel. En effet, Piaget, avec ses travaux sur l'organisation cognitive de l'enfant, apparaît comme le grand précurseur des études sur le modèle conflictuel.

Donc, pour mieux saisir le concept de conflit cognitif, il s'avère important de s'arrêter un peu sur certains grands concepts piagétiens de base. Selon Piaget, certains mécanismes sont constamment à l'oeuvre tout au cours du développement intellectuel; ceux-ci sont l'assimilation, l'accomodation, et l'équilibration.

L'assimilation, qui désigne l'action de l'enfant sur le milieu, est un postulat qui suppose que tout schème

d'assimilation tend à s'alimenter. Ainsi, l'enfant cherchera à intégrer les éléments du milieu, qui seront compatibles avec les schèmes déjà présents dans sa structure interne.

Quant à l'accomodation, c'est un postulat qui prétend que tout schème d'assimilation est obligé de s'accomoder aux éléments qu'il assimile. Dans ce contexte, la structure interne de l'enfant devra se modifier en fonction des particularités du milieu, mais ce, sans perdre pour autant ses pouvoirs antérieurs d'assimilation.

Ainsi, l'assimilation et l'accomodation sont deux mécanismes importants puisqu'ils permettent à l'enfant de s'adapter au milieu, et d'organiser ses conduites de façon à obtenir une cohérence interne. Or, ces deux mécanismes sont à la base de la théorie de l'équilibration de Piaget (1924, 1947, 1957, 1971, 1975). En effet, celui-ci affirme la nécessité d'un équilibre entre l'assimilation et l'accomodation.

Dans cette optique, le processus d'équilibration a pour fonction d'assurer le passage entre un niveau d'organisation interne (état d'équilibre), à un autre plus élaboré. En fait, l'enfant n'est pas d'emblée préadapté à tout l'univers, et en ce sens il doit, grâce à l'assimilation

et l'accomodation, adapter et organiser ses schèmes en vue de les enrichir tout en conservant une cohérence interne.

Aussi, selon Piaget (1975),- il est clair que l'une des sources de progrès dans le développement des connaissances est à chercher dans les déséquilibres comme tels, qui seuls obligent l'enfant à dépasser son état actuel et à chercher en des directions nouvelles. Ainsi, le processus d'équilibration sous-tend donc l'apparition fréquente d'états conflictuels ou de déséquilibres.

En fait, la démarche spontanée de l'enfant consiste à se centrer sur les caractères facilement assimilables et accomodables des objets, des actions ou même des opérations; pour ce qui est des caractères plus difficiles à accomoder, ceux-ci ne sont construits que secondairement et laborieusement. Dans ce contexte, les déséquilibres ou contradictions¹ présentés par l'enfant, tiennent ainsi aux difficultés d'ajustement qu'il a entre ses schèmes de pensée et le milieu.

Par ailleurs, lorsqu'un déséquilibre se crée chez l'enfant, deux grands mécanismes permettent la réé-

¹Piaget, J. (1924)

quilibration, ce sont ceux de "régulation" et de "compensation". La régulation a pour fonction d'assurer des compensations actives aux déséquilibres engendrés par l'interaction conflictuelle des schèmes avec les objets. Quant aux compensations, celles-ci se manifestent par des accomodations nouvelles, modifiant peu à peu la structure même des conduites pour les adapter au milieu.

Il devient alors facile de comprendre l'influence des perturbations induites sur les schèmes antérieurs de l'enfant. Pour ce qui est des variétés de perturbations causant un déséquilibre chez l'enfant, il faut en distinguer deux grandes classes. La première comprend celles qui s'opposent aux accomodations (résistances de l'objet); or, pour autant que l'enfant en devient conscient, les régulations correspondantes à ces perturbations comportent alors des feedback négatifs.

La seconde classe de perturbations, sources de déséquilibre, consiste au contraire en lacunes, qui laissent des besoins insatisfaits et se traduisent par l'insuffisante alimentation d'un schème. La lacune en tant que perturbation est donc toujours relative à un schème d'assimilation déjà activé, et le type de régulation qui lui correspond

comporte alors un feedback positif, en prolongement de l'activité assimilatrice de ce schème.

Par ailleurs, les régulations aboutissent presque toutes à des compensations. Dans ce contexte, le processus d'équilibration tel que défini par Piaget (1975), est un mécanisme qui comprend l'ensemble des processus de compensation, à travers lesquels l'enfant modifie ce qui vient de son fonctionnement intellectuel antérieur, ainsi que les processus de construction, à travers lesquels il agrandit l'étendue applicable de son raisonnement.

Or, si toute perturbation (obstacle ou lacune) n'engendre pas une régulation, toute régulation ne produit pas non plus une compensation. L'exception est constituée par certains feedback positifs, lorsqu'ils conduisent à un renforcement de l'erreur. Par contre, sur le terrain cognitif, cette exception n'est que momentanée; tôt ou tard l'erreur conduit à des contradictions, et celles-ci consistent en compensations incomplètes, leur dépassement revenant alors à les compléter.

De plus, le caractère général des compensations cognitives est de comporter une évaluation terminale de leur

succès ou de leur insuffisance, et il est lié à la source de la régulation elle-même. Cette source étant constituée par un déséquilibre de l'assimilation et de l'accomodation, dû à la présence d'une perturbation empêchant d'atteindre le but fixé par le schème de départ, l'évaluation finale consiste en un jugement portant sur cette accession par assimilation.

Par la suite, il y a possibilité de compréhension des relations nouvelles dues à la rééquilibration de l'assimilation et de l'accomodation, et aux informations tirées des éléments initialement perturbateurs et finalement intégrés dans la conduite réadaptée. Le processus d'équilibration, c'est donc l'adoption, encore et encore, d'une succession de stratégies pour se débrouiller de plus en plus efficacement d'une façon organisée avec les perturbations cognitives ou les problèmes de complexité grandissante (Piaget, 1954).

Dans ce contexte, le modèle conflictuel impliquant le concept de conflit cognitif, correspond à la définition que donne Piaget (1959) lui-même de son processus d'équilibration, lorsqu'il parle des réactions compensatoires qui répondent aux perturbations induites dans les schèmes antérieurs du sujet, et qui en forcent l'accomodation.

Donc, la naissance d'un état conflictuel permet à l'enfant de reconnaître une discordance entre l'un de ses schèmes et la situation auquel il fait face. Cette situation motive alors l'enfant à déployer et développer ses schèmes. Une accommodation nouvelle dont la signification est compensatrice, est ainsi nécessaire.

La théorie de l'équilibration, élaborée par Piaget, a ainsi ouvert la porte à une multitude de travaux, dont ceux plus spécifiquement centrés sur le concept de "conflit cognitif". Smedslund (1961) est d'ailleurs le pionnier de ces études, puisqu'il élaborait, à un niveau plus expérimental, une méthode d'apprentissage sur la conservation du poids, fondée sur le processus d'équilibration de Piaget.

En fait, le renforcement externe était à cette époque préconisé par la théorie de l'apprentissage. Or, Smedslund se tourna vers les travaux de Piaget et imagina une méthode d'entraînement dépourvue de renforcement externe, mais axée sur la répétition d'une situation conflictuelle. Ainsi, grâce à l'induction d'un conflit, les concepts de conservation devaient selon lui, être acquis par un processus de réorganisation interne.

Dans cette optique, les résultats de Smedslund furent peu significatifs, car très peu d'enfants dans son expérience ont réussi à percevoir la situation conflictuelle. Par contre, Smedslund remarqua que pour les quelques enfants chez qui l'état de conflit avait pu être déclenché, il y avait progression rapide vers la résolution du conflit, provoquant ainsi une rééquilibration interne des schèmes du sujet. Smedslund (1961, 1964) conclut alors qu'il était possible d'accélérer l'accession à la conservation par une méthode basée sur le conflit cognitif et l'équilibration interne.

Ainsi Smedslund appuyait la thèse de Piaget, et confirmait l'importance du conflit cognitif dans le développement intellectuel de l'enfant. Berlyne (1962) et Charlesworth (1964), pour leur part, ont travaillé plus spécifiquement sur le comportement de curiosité, celui-ci étant d'après eux conséquent au conflit.

En fait, ils ont confirmé d'une certaine façon les travaux de Smedslund, puisque leurs études concluent à une croissance cognitive lorsque le conflit, produit par une contradiction entre deux sources d'information, a la capacité de motiver le comportement de curiosité, qui lui

augmente la probabilité que l'information manquante puisse être trouvée en vue de réduire le conflit.

Charlesworth (1969) ajoute de plus que la sensibilité de l'enfant aux déviations provenant de son propre système, est aussi un aspect important de la croissance cognitive. En fait, Charlesworth explique que cette sensibilité n'est pas apparente jusqu'au moment où certaines failles ressortent du système de l'enfant, lors d'une expérience mal estimée. A partir de là, la réaction normale de surprise est immédiate, d'où un réajustement grâce à une série de réponses adaptatives.

Ainsi, Charlesworth accorde une grande importance au niveau de sensibilité de l'enfant, car selon lui c'est à partir de là que l'aspect dynamique du système se met en branle. D'ailleurs, cette affirmation venait davantage confirmer les premiers dires de Terman (1916), alors qu'il considérait la sensibilité aux contradictions comme une caractéristique intellectuelle fondamentale.

Ces premiers travaux, de type expérimental, ont amené bien des chercheurs à approfondir davantage le concept de "conflit cognitif". En fait, ces études ont surtout consisté à explorer théoriquement, à travers la théorie

piagétienne, la valeur et la possibilité réelle d'utilisation concrète de ce concept.

Palmer (1965), par exemple, travaillant plus spécifiquement sur le processus d'équilibration, cherche à donner une interprétation piagétienne au concept de conflit cognitif. Ainsi, il y a plusieurs niveaux possibles d'équilibre, et chaque niveau représente un haut degré de différenciation cognitive, qui correspond à un niveau de réalisation. Or, chaque équilibration successive est, selon Palmer, une partie d'un processus se décomposant en quatre phases distinctes: 1)"La perception d'une contradiction", laquelle donne naissance à un: 2)"Etat de déséquilibre cognitif ou de conflit"; la résolution de celui-ci résulte alors en une: 3)"Réorganisation cognitive", laquelle se termine en une: 4)"Réalisation d'un nouveau niveau d'équilibre".

Or, de ce processus dérive, pour Palmer, une des plus importantes implications éducatives de la position piagétienne. En effet, pour permettre à l'enfant d'atteindre des degrés de différenciation cognitive toujours plus élevés, il devenait important d'induire une interruption de l'équilibre chez l'enfant, grâce à la création de conflits cognitifs. Or, selon Palmer, c'est à ce niveau qu'il fallait

travailler; en fait, avant toutes autres choses, Palmer recommande de bien examiner quelle sorte de conflit cognitif peut être induit, et sous quelle forme.

Par ailleurs, une équipe de Genève composée d'Inhelder, Bovet, Sinclair et Smock (1966), travaillait aussi dans ce même contexte, mais plus précisément au niveau du processus de transition entre le stade préopératoire et le stade opératoire concret. En fait, cette équipe a cherché à mettre sur pied une méthode d'apprentissage, basée sur le conflit cognitif. Or, l'emphase fut surtout mise sur les procédures à utiliser pour susciter la conscience du conflit chez l'enfant.

Cette conscience du conflit fut d'ailleurs une préoccupation constante de la part de l'équipe de Genève, car ils jugeaient qu'elle était une des conditions nécessaires en vue de la transition d'une forme limitée de raisonnement à un système opératoire. Cependant, leur travail fut difficile car comme l'avait déjà souligné Inhelder (1965), le jeune enfant préopératoire présente souvent de l'inconscience face à certaines contradictions. D'ailleurs, cette inconscience fut aussi remarquée par Murray (1968), qui lui travaillait au niveau de la conservation de la longueur.

Face à ces études, Langer (1969) repris empiriquement la théorie piagétienne, et tenta d'explorer pourquoi certaines perturbations n'amenaient pas l'enfant dans un état de déséquilibre. Dans cette optique, Langer s'est intéressé au caractère affectif ou énergétique du déséquilibre. En fait, comme Piaget (1927) l'a lui-même suggéré, l'enfant doit être cognitivement "prêt" à assimiler l'information contradictoire, et à ressentir que quelque chose est mauvais, si l'on veut qu'il y ait réorganisation cognitive.

Ainsi, Langer conclut que le problème fondamental était de déterminer quand l'état d'organisation interne de l'enfant pouvait être capable de prendre avec succès les perturbations. Le problème pédagogique était donc de trouver les bons types de perturbation pour chaque stade développemental.

De plus, grâce à ses investigations, Langer découvrit que les perturbations étaient beaucoup plus significatives lorsqu'elles étaient générées de façon interne et produites par l'enfant lui-même, que lorsqu'elles étaient générées de façon externe et présentées à lui. Ainsi, Langer conclut que dans la plupart des études sur le conflit cognitif, le déséquilibre avait été défini comme une

perturbation externe imposée à l'enfant, et ce, tout en négligeant le fait que l'organisation interne doit elle aussi être en déséquilibre.

Ainsi, Langer confirma l'importance du conflit cognitif dans le développement de l'enfant, tout en insistant sur l'aspect interne et énergétique qu'il représente. Langer fut d'ailleurs appuyé par certains auteurs dont Halford (1970) et Mischel (1971).

Halford, pour sa part, travaillant sur l'acquisition de la conservation, constata tout comme Langer, l'importance de l'intériorisation spontanée chez l'enfant. Il en vint d'ailleurs à conclure que celui-ci n'était affecté que très indirectement par les événements extérieurs; cela l'amenant même à croire que la technique utilisée avec les enfants n'avait que peu d'importance.

Quant à Mischel, son travail consista davantage à explorer l'aspect motivationnel, d'où énergétique, du processus d'équilibration. En fait, Mischel insiste d'abord sur le fait qu'il n'est pas nécessaire qu'il y ait intrusion externe, pour qu'il y ait équilibration. Ainsi, pour lui, l'enfant engendre lui-même ses conflits cognitifs en essayant de se débrouiller avec son monde; d'ailleurs,

ce sont ces conflits qui motivent son développement cognitif.

Mischel affirme par ailleurs, que tout comme les manifestations de déséquilibre dans le système des structures cognitives, les besoins et intérêts fonctionnels qui motivent l'activité intellectuelle sont simplement la conscience d'un conflit ou d'une contradiction entre les schèmes de l'enfant et une situation nouvelle à laquelle il fait face; en fait, la reconnaissance de la contradiction est le motif pour essayer de réassimiler ce qui est incongru.

Kuhn (1972) reprit, pour sa part, toutes ces données théoriques et tenta d'induire un conflit cognitif chez des enfants âgés entre trois et huit ans. Or, ses résultats confirmèrent l'efficacité et le bien fondé de ce type d'intervention; toutefois, ses succès, comme ceux de Smedlund, furent bien limités. Kuhn attribua cette limite à la difficulté d'induire expérimentalement un conflit, et conclua qu'une expérimentation à court terme ne pouvait permettre une réorganisation cognitive graduelle, pas plus qu'une consolidation de ce qui pourrait être acquis.

Dans ce même contexte de travail, Lefèbvre (1971), travaillant sur la conservation avec des enfants préopératoires (1^e année), a expérimenté une méthode d'apprentissage

basée sur le conflit cognitif. Sa méthode, s'avérant très efficace, Lefèbvre fut amenée à investiguer davantage sur le type d'organisation cognitive qui sous-tend l'apparition du conflit.

En fait, sa méthode avait pour but premier, de créer chez l'enfant un conflit interne, l'amenant par le fait même à une prise de conscience de ses propres contradictions au niveau de son raisonnement. Ainsi, lorsque l'enfant atteignait un niveau de sensibilité suffisamment grand pour reconnaître ses contradictions, il était alors en mesure de profiter plus adéquatement des apprentissages qui lui étaient proposés.

De par ces constatations, Lefèbvre (1973) crut bon d'aller vérifier plus précisément l'influence que pouvait avoir le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif de l'enfant, sur sa capacité de progresser face à un apprentissage sur la conservation. Ses recherches permirent de constater que plus un enfant avait un niveau initial élevé de sensibilité au conflit, plus il démontrait de bonnes performances. D'ailleurs, Lefèbvre travaillait avec trois groupes d'âge, de la prématernelle à la première année, et elle pu même remarquer que le niveau de sensibilité était un excellent facteur de prédiction du rendement

ultérieur de l'enfant, et ce indépendamment de l'âge.

C'est donc dans un contexte très fécond empiriquement et théoriquement, mais fort peu fructueux expérimentalement, que Lefèbvre (1971,1973), travaillant sur l'acquisition de la conservation, réussit à obtenir des résultats très convaincants quant à l'induction expérimentale d'un conflit cognitif. Par ailleurs, ses travaux lui ont permis d'identifier et de ramener à trois, les grandes conditions préalables exigées pour qu'un enfant soit sensible au conflit cognitif; celles-ci sont: 1)Présence de schèmes fonctionnels préopératoires (logique fonctionnelle); 2)Consistance dans l'utilisation de ses concepts (consistance); 3)Capacité de soumission à la sanction empirique des faits (sanction des faits). Ainsi, la construction des épreuves prédictives de Lefèbvre, mesurant le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif, vint par surcroît appuyer toutes les recherches théoriques antérieures, basées sur la théorie piagétienne.

Les travaux de Lefèbvre ont d'ailleurs permis une recrudescence de recherches à caractère expérimental en ce domaine. Ainsi, dans le même cadre de travail, d'autres recherches plus récentes ont permis une corroboration des résultats obtenus par Lefèbvre. En effet, certains chercheurs

tels que Case (1977), Charbonneau et Robert (1977), ainsi que Johnson et Howe (1978), ont travaillé sur l'apprentissage de la conservation avec une méthode basée sur le conflit cognitif, et constatèrent une amélioration significative des performances de l'enfant grâce à cette méthode d'apprentissage.

Charbonneau et Robert insistent pour leur part sur l'importance de l'intériorisation et du temps qu'il faut accorder à l'enfant pour que celui-ci puisse vraiment résoudre le conflit, et arriver à une pleine compréhension. Case, quant à lui, conclut que la sensibilité au conflit dépend énormément de la capacité du sujet à coordonner les indices pour percevoir le conflit; selon lui, la sensibilité au conflit cognitif diffère beaucoup d'un enfant à l'autre.

Pour ce qui est des conclusions de Johnson et Howe, ceux-ci démontrèrent que l'induction expérimentale d'un conflit cognitif peut effectivement stimuler le développement de la pensée logique. Ils remarquent en particulier que l'interaction entre pairs pouvait être plus bénéfique que l'enseignement individuel. En fait, dans ce contexte, cette interaction prenait place dans une situation où l'attention était centrée sur des matériaux spé-

cifiquement bâtis pour produire un conflit cognitif. Ainsi, non seulement les conservants s'affirmaient dans leur position, mais ils permettaient par surcroît l'induction d'un conflit interne chez les non-conservants.

Johnson et Howe venaient d'ailleurs confirmer bien des recherches (Botvin et Murray, 1975; Cosier et Rose, 1977; Murray, Ames et Botvin, 1977; Renshaw, 1977) sur le conflit cognitif, mais plus spécifiquement basées sur la dissonance cognitive. En fait, toutes ces études supportent le fait que l'exposition des non-conservants aux jugements des conservants, permet l'induction d'un conflit cognitif, suivi d'une intégration et d'une coordination des schèmes en concurrence.

Tous s'entendent donc pour dire que cette procédure est efficace puisqu'elle induit un conflit cognitif chez les non-conservants, lequel motive la croissance cognitive. Ces conclusions confirment fortement les dires de Piaget (1923) lorsqu'il suggérait que la communication répétée de conflits entre les enfants est une des conditions nécessaires pour le développement cognitif.

Festinger (1958) est aussi l'un de ceux qui ins-

pira ces travaux. En fait, celui-ci postulait que la dissonance cognitive devait être vu comme un état fort motivant chez l'être humain. Ainsi, le conflit qui apparaît lors d'une dissonance cognitive, donne implicitement naissance à une activité orientée en vue de réduire ce conflit. Ames (1980), au terme d'un certain nombre de ses travaux, arrive à la conclusion que le conflit est un facteur très important dans l'apprentissage puisqu'il génère, dans un contexte d'interaction, un changement cognitif qui va dans le sens d'une croissance.

Tous ces travaux, basés sur la dissonance cognitive, ou plus directement sur le conflit cognitif en tant que tel, ont été réalisés plus spécifiquement dans le cadre d'un entraînement pour l'apprentissage de la conservation. D'autres études, par contre, ont insisté sur la prise de conscience de contradictions, mais dans bien d'autres champs d'apprentissage tels que: L'affirmation de base (Corlis et Weiss, 1973), le contrôle des variables (Bredderman, 1973), la sériation (Bullinger, Hauer et Haufmann, 1974), le raisonnement conditionnel (O'Brien et Overton, 1980), le concept de température (Stavy et Berkovitz, 1980).

Il s'agit ici de domaines d'apprentissage plus complexes que ceux abordés dans les travaux analysés précé-

demment. Ces expériences ont donc été menées avec des enfants plus âgés (en haut de huit ans). En général, les résultats de ces études confirment l'efficacité d'un entraînement induisant un conflit, indiquant que cette induction augmente la compréhension du concept étudié. Cependant, il fut aussi noté que cette efficacité dépendait non seulement de la confrontation de l'enfant avec la contradiction, mais aussi de la complexité inhérente du problème, et de la capacité de l'enfant à envisager le problème selon son âge. Stavy et Berkovitz insistèrent d'ailleurs beaucoup sur le fait que le travail en groupe-classe est plus efficace qu'en individuel.

Enfin, d'autres recherches du même type ont été effectuées, mais cette fois-ci avec des enfants plus jeunes. Judd et Mervis (1979), par exemple, travaillèrent sur des problèmes d'inclusion avec des enfants âgés de cinq ans. Leurs résultats démontrèrent que ces enfants pouvaient apprendre à résoudre ces problèmes, s'ils étaient forcés de considérer la contradiction en présence. De plus, il fut reconnu que la prise de conscience d'une contradiction était un point majeur excessivement important dans la résolution de quelque problème que ce soit.

Finalement, une étude réalisée par Smith (1976, 1977), auprès de déficients mentaux, a permis de constater que si les exercices étaient appropriés à l'âge mental de l'enfant, il était alors possible pour lui d'être conscient de certaines contradictions. Ainsi, comme il a déjà été mentionné, l'adéquacité du contenu à apprendre est un prérequis fort important pour que l'enfant puisse profiter au maximum d'une méthode d'entraînement basée sur le conflit cognitif.

Donc, pour résumer, la notion de conflit cognitif émerge de la théorie piagétienne, et plus particulièrement du processus d'équilibration longuement élaboré par Piaget. En fait, le conflit cognitif qui naît grâce à des perturbations induites dans les schèmes antérieurs de l'enfant, engendre selon le processus d'équilibration, la recherche de solutions compensatrices qui donne lieu à une accommodation.

Dans cette optique, les travaux de Piaget ont donné lieu à beaucoup d'études portant plus spécifiquement sur le concept de conflit cognitif. D'une façon générale, les différents auteurs s'entendent pour identifier quatre grandes étapes lorsqu'il y a induction d'un conflit cognitif;

celles-ci sont: 1) Prise de conscience de contradictions internes; 2) Interruption de l'équilibre, ce qui est une motivation suffisante pour qu'il y ait recherche, en vue de réduire le conflit; 3) Réorganisation cognitive; 4) Rééquilibration interne des schèmes de l'enfant.

Par ailleurs, bien des chercheurs ont tenté d'induire expérimentalement un conflit cognitif, mais le taux de réussites ne fut cependant que très partiel. En effet, bien peu de chercheurs réussirent à induire un conflit cognitif; par contre, lorsque l'induction était efficace, chacun put constater une progression rapide vers la résolution du conflit, et une augmentation significative des performances chez l'enfant.

Or, cette difficulté d'induire expérimentalement un conflit cognitif, a amené la plupart des chercheurs à considérer l'importance d'une intériorisation spontanée chez l'enfant. En fait, l'enfant tend à engendrer naturellement lui-même ses propres conflits cognitifs. Dans ce contexte, un certain nombre de chercheurs constatèrent d'ailleurs que les enfants induisaient spontanément entre eux certains conflits, ce qui permit à plusieurs chercheurs de conclure que le travail en groupe-classe avait plus

d'impact qu'en individuel.

Toute cette démarche entraîna quelques auteurs à examiner d'une façon plus particulière l'importance pour l'enfant d'être sensible et donc conscient des contradictions émergeant de son propre raisonnement. En fait, l'une des premières constatations faites par ces chercheurs fut que les performances des enfants différaient, en ce sens que ceux-ci n'avaient pas tous le même niveau de sensibilité aux contradictions, ou au conflit cognitif.

Dans cette optique, l'analyse du niveau de sensibilité de l'enfant, considéré comme une caractéristique intellectuelle fondamentale, amena les chercheurs à constater que plus l'enfant avait un niveau initial de sensibilité au conflit cognitif élevé, plus celui-ci était susceptible d'offrir des performances élevées. Dans ce contexte, on chercha alors à identifier quels étaient les prérequis pour qu'un enfant soit sensible aux contradictions. Ainsi, on en vint premièrement à la conclusion que l'enfant devait être cognitivement "prêt" à assimiler l'information contradictoire. De plus, Lefèbvre, de par un effort d'analyse important, réussit à ramener au nombre de trois les conditions essentielles pour qu'un enfant soit sensible

au conflit cognitif; celles-ci sont: 1) Consistance dans l'utilisation des concepts; 2) Présence de schèmes fonctionnels; 3) Capacité de soumission à la sanction des faits.

Problématique et hypothèses de la recherche

En regard des travaux analysés précédemment, il est facile de constater toute l'importance accordée à la notion de sensibilité au conflit cognitif. En effet, considérant qu'un enfant en état de conflit cognitif progresse plus rapidement dans la recherche de solutions plus adaptées, il devient alors évident que le niveau de sensibilité au conflit présenté par l'enfant joue un rôle important dans la qualité de ses apprentissages mathématiques.

De plus, certaines recherches ont clairement démontré que plus l'enfant avait un niveau initial de sensibilité au conflit cognitif élevé, plus ses performances mathématiques s'avéraient meilleures. Dans ce contexte, le niveau de sensibilité au conflit cognitif a une influence certaine sur la qualité de l'apprentissage mathématique de l'enfant. D'ailleurs, selon les recherches de Lefèbvre, cette influence est fort significative, car le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif s'est avéré un excellent facteur de prédiction des performances de l'enfant.

Face à ces diverses constatations, il semble plausible de se demander si le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif est le seul vrai facteur déterminant la qualité de l'apprentissage mathématique chez l'enfant. En fait, sans nier son influence, il semble cependant plausible de supposer que les méthodes d'apprentissage ont aussi un rôle important à jouer. Dans cette optique, la méthode d'apprentissage utilisée ne pourrait-elle pas être suffisamment déterminante pour modifier d'une certaine façon les prédictions faites en fonction du niveau initial de sensibilité au conflit cognitif?

C'est donc dans le cadre de cette problématique que la présente recherche s'inscrit. En effet, nous nous proposons d'étudier l'influence du niveau initial de sensibilité au conflit cognitif, en fonction de deux types d'apprentissage, soient la méthode d'apprentissage habituellement utilisée dans le cadre scolaire, et l'approche proposée dans le plan de "readiness" (Quintin, 1980), basée sur la théorie piagétienne.

Donc, à partir de l'exposé critique qui précède, et selon le contexte de travail dans lequel nous nous insérons, deux hypothèses sont posées. Pour ce qui est de la

première, elle s'énonce de la façon suivante: Le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif aura une influence significative sur la qualité des progrès enregistrés par les enfants, des deux groupes, dans leurs apprentissages mathématiques. D'une manière plus opérationnelle, nous supposons en fait que plus le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif de l'enfant sera élevé, plus ses progrès seront notables.

Quant à la deuxième hypothèse, celle-ci présume que le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif aura moins d'influence sur les progrès mathématiques du second groupe (apprentissage proposé dans le plan de "readiness") que sur ceux du premier groupe (apprentissage scolaire habituel). Ici, d'une façon opérationnelle, nous supposons que la méthode d'apprentissage appliquée dans le premier groupe sera plus adaptée et donc plus susceptible d'influencer les progrès mathématiques de l'enfant, et ce malgré le niveau de sensibilité au conflit cognitif enregistré initialement.

Chapitre II

Description de l'expérience

Le schème expérimental utilisé ici poursuit principalement deux buts. Il vise tout d'abord à déterminer l'influence du niveau initial de sensibilité au conflit cognitif, sur la qualité de l'apprentissage mathématique chez l'enfant en difficulté. De plus, il permet de vérifier si cette influence a le même impact, selon l'approche d'apprentissage utilisée.

Sujets

Les 65 enfants, composant l'échantillon, sont âgés entre 6;0 et 6;11 ans, et fréquentent des classes dites "d'attente" (classes spéciales se situant entre le niveau maternelle et la première année régulière). En fait, tous ces enfants ont été évalués dès la maternelle, par leur jardinière respective et le psychologue en place, comme ayant un niveau d'évolution inférieur par rapport aux prérequis à l'apprentissage exigés en première année.

Ces enfants furent recrutés à l'intérieur de six

classes, provenant des écoles suivantes¹ de la région 04: Dollard, du Cap-de-la-Madeleine; Marguerite-Bourgeois, de Trois-Rivières Ouest; Paradis, de Baieville; Immaculée-Conception, de Shawinigan; St-Louis-de-Gonzague, de Grand-Mère.

A partir de cet échantillon, deux groupes furent formés, chacun de ceux-ci étant composé de trois classes. Le groupe 1 (25 enfants) suivit le programme scolaire ordinairement offert dans ce type de classe, sans aucune autre intervention spécifique. Quant au groupe 2 (40 enfants), celui-ci fut soumis aux apprentissages proposés par le plan de "readiness" (Quintin, 1980), et ce à l'intérieur même du cadre régulier des classes.

Ces deux groupes sont équivalents quant à l'âge chronologique des enfants, et quant à leur degré de maturité mathématique de départ, tel que mesuré par le pré-test MAE. De plus, en ce qui a trait au niveau initial de sensibilité au conflit cognitif, mesuré par les épreuves prédictives,

¹Nous tenons ici à remercier les directeurs des écoles mentionnées, ainsi que les professeurs de chacune des classes, pour leur bonne collaboration tout au cours de cette expérience.

une équivalence est aussi retrouvée entre les deux groupes. Le tableau 1 rapporte l'âge chronologique, le degré de maturité mathématique, et le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif de chacun des groupes. Aucune différence n'est apparue significative quant à ces trois variables.

Schème expérimental

La démarche expérimentale comprend quatre étapes:

- 1) administration du test MAE (pré-test) à l'ensemble de l'échantillon, en vue de connaître, dès le départ, le niveau de maturité mathématique de chacun des groupes;
- 2) administration des épreuves prédictives, encore à l'ensemble de l'échantillon, en vue de mesurer le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif des deux groupes;
- 3) période d'apprentissage (six mois), l'approche étant différente pour chacun des deux groupes;
- 4) nouvelle administration du test MAE (post-test) à tout l'échantillon, en vue d'évaluer les progrès effectués suite aux apprentissages.

Les instruments

Deux instruments de mesure furent utilisés, soient

Tableau 1

Répartition des deux groupes de sujets (n=65)
 suivant l'âge chronologique, le degré de maturité ma-
 thématique, et le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif¹

Groupes	n	Age chronologique (mois)		Maturité mathématique (sur 20)		Niveau initial de sensibilité au conflit cognitif (sur 54)	
		Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
1	25	78	3.10	8.38	2.96	28.52	6.75
2	40	77	3.23	8.40	3.15	28.93	10.58

¹Seule la cote globale aux épreuves prédictives est indiquée ici. Cependant, il est à noter qu'une équivalence entre les deux groupes fut aussi observée dans chacune des trois parties composant les épreuves prédictives (cf. Analyse des résultats).

le test MAE, construit et standardisé¹ par Quintin (1972, 1978), et les épreuves prédictives, élaborées et standardisées par Lefèbvre (1973).

A. Test MAE

Le test MAE, permettant de mesurer le degré de maturité mathématique chez l'enfant, est ici utilisé en vue d'évaluer quantitativement les progrès effectués par les enfants, suite aux apprentissages auxquels ils auront été soumis. Ainsi, le test MAE fut utilisé à double reprise, soit en tant que pré-test pour mesurer le degré initial de maturité mathématique de l'enfant, puis en tant que post-test pour évaluer les progrès fait par chacun.

La passation du test MAE s'effectue individuellement, de façon clinique, et a une durée moyenne de 20 minutes. Le pré-test, ainsi que le post-test, se sont déroulés à l'école, pendant les heures de classe.

¹La standardisation du test MAE fut réalisée à partir d'une population de 1000 enfants provenant de la région 04. L'indice de fidélité, calculé sous la forme parallèle, est de 0.72.

Le test MAE comporte 20 items, plus une épreuve complémentaire portant sur la conservation de la matière. Cette dernière épreuve ne fait toutefois pas partie de la cote globale au test. La description détaillée du test MAE est présentée dans l'appendice A.

D'une façon générale, dix notions de base composent le test MAE, celles-ci étant des prérequis essentiels à tout apprentissage mathématique de niveau élémentaire. Les notions visées dans le test sont donc les suivantes:

- 1) Notion de grandeur (un item);
- 2) Notions "le plus", "le moins", "manque" (quatre items);
- 3) Notion de moitié (un item);
- 4) Notion d'ordre (un item);
- 5) Classement (quatre items);
- 6) Connexité propre à la série des nombres, structure itérative, raisonnement récurrentiel (quatre items);
- 7) Composition additive (deux items);
- 8) Ensemble-unité (un item);
- 9) Passage de l'opération concrète à l'opération abstraite (un item);
- 10) Opération avec symboles (un item).

La passation du test se fait dans le même ordre que la description faite à l'instant. Quant à la cotation, le MAE est sur 20 points, un point étant accordé pour chaque item réussi. Dans le cas de certains items, un demi point est alloué pour des réponses partiellement réussies. Les

détails sur la cotation sont présentés dans l'appendice A.

B. Epreuves prédictives

Les épreuves prédictives sont ici utilisées comme mesure du niveau initial de sensibilité au conflit cognitif, chez l'enfant. En fait, les épreuves prédictives se réfèrent au cadre général de la logique des fonctions, et tentent de définir le niveau initial prérequis au déclenchement d'un conflit cognitif. Considérant que ce dernier semble être en soi une étape d'intériorisation essentielle à tout apprentissage, le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif se veut donc ici une mesure prédictive des capacités de l'enfant à profiter de l'apprentissage qui lui est proposé. Ainsi, il sera alors possible d'en reconnaître l'influence, selon les modes d'intervention utilisés.

L'administration des épreuves prédictives s'est effectuée au début de l'expérience, dans sensiblement le même laps de temps que la passation du pré-test MAE. En fait, les deux passations ont été réalisées parallèlement. L'administration des épreuves s'est faite individuellement, de façon clinique, et s'est déroulée à l'école, pendant les heures de classe. Les épreuves prédictives sont constituées de trois séries d'items; or, étant donné que la durée moyenne de chaque série est de 20 à 25 minutes, la passation de

l'épreuve fut donc répartie en deux séances. Cette procédure a pour but d'éviter une trop grande fatigue et une perte d'attention de la part de l'enfant.

Les trois séries constituant les épreuves prédictives sont les suivantes: L'épreuve des liquides, l'épreuve des billes, et l'épreuve des maisons. Trois grandes parties, considérées comme des conditions préalables exigées pour qu'un enfant soit sensible au conflit, composent chacune de ces épreuves. Celles-ci sont:

1. Présence de schèmes fonctionnels préopératoires.

Cette première condition exige de l'enfant qu'il puisse établir et utiliser des liens de dépendance fonctionnelle entre les événements. Ainsi, l'application de schèmes fonctionnels permet à l'enfant de reconnaître un enchaînement et une continuité entre événements successifs, ce qui constitue précisément une condition essentielle au déclenchement d'un état conflictuel.

2. Consistance dans l'utilisation de concepts.

Si l'enfant doit posséder des schèmes fonctionnels, il faut aussi qu'il puisse les appliquer avec consistance. En fait, il lui serait bien difficile de ressentir l'insuffisance de ses règles notionnelles, s'il ne les utilisait pas au moins

de façon systématique.

3. Soumission à la sanction des faits. Cette capacité de se soumettre à la sanction des faits, bien que très reliée à l'aptitude qu'a l'enfant de reconnaître un enchaînement entre événements successifs, implique qu'il puisse assimiler ces événements sans les déformer, de façon à en tirer les informations nécessaires à l'accommodation des schèmes.

Dans sa globalité, les épreuves prédictives comportent 83 problèmes. Pour une description détaillée des épreuves, voir l'appendice B. Pour ce qui est de la cotation, les épreuves prédictives sont caractérisées par trois scores distincts, portant respectivement sur la consistance (15 points), la logique fonctionnelle (24 points), et la soumission à la sanction des faits (15 points). La cote globale (54 points) est constituée de l'addition de ces trois parties. Les clés de correction de l'épreuve sont aussi présentées dans l'appendice B.

Les approches d'apprentissage

Les deux groupes, composant l'échantillon, n'ont pas été soumis au même type d'approche d'apprentissage ma-

thématique. Ainsi, le groupe 1 eut à suivre le programme mathématique scolaire régulier, alors que le groupe 2 fut soumis aux apprentissages et principes proposés dans le plan de "readiness" (Quintin, 1980).

L'apprentissage en tant que tel s'est déroulé pour les deux groupes à l'intérieur même du cadre scolaire, dans chacune des classes faisant partie de l'échantillon. C'est le professeur titulaire de chaque classe qui assumait l'enseignement mathématique et ce, autant dans les classes du groupe 1, que du groupe 2. L'expérience se déroula pendant toute l'année scolaire.

L'exposé qui va maintenant suivre comporte la description sommaire des deux méthodes d'apprentissage.

A. Approche utilisée dans le groupe 1

La méthode d'apprentissage utilisée dans les classes composant le groupe 1, réfère strictement au programme offert dans le cadre scolaire normal. En fait, aucun mode d'intervention provenant de l'extérieur, n'est venu remplacer ou modifier l'enseignement habituellement donné dans ces classes, et ce tant au niveau de l'approche que du contenu.

Ainsi, chaque professeur avait à intervenir à sa façon habituelle, selon le programme scolaire normalement établi. Or, le ministère de l'éducation n'offrant pas de programme très défini pour les professeurs intervenant dans les classes dites d'attente, ces professeurs sont donc des enseignants d'expérience qui construisent en bonne partie leur propre programme.

D'une façon générale, tous les professeurs devant intervenir dans ces classes spéciales, élaborent un programme qui se veut intermédiaire entre la maternelle et la première année. En fait, le contenu de ce programme vise deux grands objectifs:

1. Apprentissage des prérequis non acquis à la maternelle. Ainsi, dans un premier temps, le professeur se donne comme tâche de revenir sur chacune des grandes notions considérées comme importantes au niveau de la maternelle. Les notions les plus souvent abordées sont: 1) Notion de grandeur; 2) Notion de positions relatives telles que "dessous", "à l'intérieur", "sur", etc.; 3) Notion de comparaison au niveau de la hauteur et de la longueur; 4) Notion de "semblables", "différents"; 5) Notion d'ordre; 6) Notion de classement; 7) Comparaison d'ensembles en fonction du nombre; 8) Reconnaissance des symboles numériques; 9) Compter et mettre en ordre.

A ce stade, le professeur met surtout l'emphase sur l'acquisition des notions, et insiste évidemment davantage sur celles qui semblent avoir été moins bien acquises par les enfants. Dans ce contexte, aucun niveau de difficulté croissante n'apparaît bien établi. De plus, divers matériaux didactiques sont couramment utilisés dans ces classes.

2. Initiation au contenu mathématique de niveau élémentaire. Cette deuxième étape se veut être une étape de "préparation", permettant ainsi à l'enfant de faire les premiers apprentissages mathématiques contenus dans le programme de première année élémentaire. Dans cette optique, l'ensemble du programme n'a pas à être vu, le professeur procédant davantage selon le rythme des enfants.

Quant au contenu, il fait strictement référence à l'apprentissage du nombre, et à quelques opérations (addition-soustraction). A ce niveau, l'approche est davantage directive, et l'utilisation de manuels est plus fréquente.

B. Approche utilisée dans le groupe 2

Le plan "readiness", appliqué dans ce groupe, est

d'abord et avant tout une approche visant la stimulation des mécanismes de la pensée chez l'enfant, et non pas l'enseignement systématique de concepts mathématiques. Ainsi, le programme de "readiness" pour les mathématiques s'adresse plus particulièrement aux enfants du premier cycle à l'élémentaire, qui présentent des difficultés dans l'apprentissage de cette discipline. En fait, le but du programme est de permettre à l'enfant de construire certains processus de base qui, souvent à cause d'un manque de stimulations pertinentes, n'ont pas été développés.

D'un point de vue pratique, le plan de "readiness" est conçu pour s'appliquer sans difficulté à l'intérieur du cadre scolaire. Il ne demande aucun matériel didactique spécifique, mais fait grande utilisation de matériaux concrets et usuels pour l'enfant. De plus, les trois professeurs devant intervenir dans leur classe, ont reçu une formation leur permettant d'appliquer adéquatement l'approche proposée.

Dans les pages qui suivent, nous présenterons une description des grandes lignes du mode d'intervention proposé dans le plan de "readiness".

1. Principes directeurs de l'approche. Ces principes, visant à stimuler les processus logico-mathématiques préopératoires de l'enfant, régissent en fait tout le programme de "readiness" élaboré par Quintin.

Ceux-ci sont les suivants: 1) Primat de l'expérience; 2) Action avec du connu; 3) Stimulations multisensorielles avec des matériaux variés; 4) Répétition des actions, à l'aide d'activités diverses qui réfèrent au même processus logico-mathématique; 5) Respect d'une hiérarchie dans l'apprentissage; 6) Evaluation permanente du cheminement de l'enfant; 7) Utilisation des contrastes.

Tous ces principes sont à la base du plan de "readiness", et doivent être respectés quelles que soient les notions visées par l'enseignant.

2. Thèmes abordés dans le plan de "readiness". Il s'agit ici d'une série de notions préopératoires. Ces notions sont présentées dans une séquence donnée, et celle-ci doit être respectée dans le travail avec les enfants.

a. Notion de grandeur. Celle-ci doit débiter par la comparaison entre deux objets, dans un deuxième temps, entre trois objets, et enfin entre plusieurs objets. Il

s'agit ici d'insister sur l'aspect relationnel.

b. Notions de "le plus", "le moins", "manque".

Encore ici, la notion doit débiter par la comparaison entre deux ensembles, et seulement dans un second temps, entre trois ensembles. L'accent est mis sur la discrimination perceptive de l'enfant, plutôt que sur l'utilisation des chiffres en tant que tels.

c. Notion de moitié. Au départ, la notion se travaille à partir de quantités continues, alors que dans un deuxième temps, il y a utilisation de quantités discontinues.

d. Notion d'ordre. L'enfant aura tout d'abord à ordonner des séries de quatre objets au maximum, puis passera progressivement à des séries de cinq objets et plus.

e. Notion de classement. Cette notion comporte quatre grandes étapes, soient la classification d'une série d'objets par identité, la classification en fonction d'un critère, la classification successive en fonction de critères différents, et enfin la classification en classes et sous-classes.

f. Notion de "l'ensemble-unité". Il s'agit ici d'introduire l'enfant à l'idée de concevoir plusieurs éléments comme un tout.

g. Notion de correspondance terme à terme.

Le travail débute en permettant à l'enfant d'avoir une per-

ception visuelle directe et claire de la correspondance, alors que dans un deuxième temps, celle-ci sera moins directe.

h. Notion de composition additive. Dans un premier temps, il y a comparaison de deux quantités, mais avec un terme décomposé, puis dans un second temps, cette comparaison s'effectuera avec les deux termes décomposés.

3. Etapas à suivre dans le processus pédagogique. Pour chaque notion, la séquence des six étapes doit être respectée.

a. Primat de l'action. C'est l'action de l'enfant, avec son propre corps et avec les objets, qui doit prédominer. Chaque enfant doit avoir l'opportunité de faire beaucoup de manipulations.

b. Action accompagnée de langage. Dans cette étape, le langage doit être associé à l'action, c'est-à-dire que l'enfant décrit ce qu'il fait à mesure qu'il réalise son action.

c. Retour verbal. Ici, le langage doit progressivement devenir un substitut à l'action.

d. Schématisation de la réalité. Pour faire un passage progressif vers l'abstraction, il faudra reprendre le type d'action fait auparavant, mais en utilisant du

matériel plus abstrait à la place d'objets connus.

e. Transcription graphique. Le dessin constitue une autre forme par laquelle l'enfant accède à un premier niveau d'abstraction. Il est donc un préalable essentiel au maniement des symboles mathématiques. Les enfants reproduisent ainsi en dessin les activités mathématiques réalisées.

f. Représentation symbolique. Il s'agit ici de demander aux enfants de représenter, au moyen de symboles graphiques choisis par eux-mêmes, les objets et les actions réalisées.

Traitement des données

L'analyse statistique présentée dans le chapitre suivant a pour but d'éprouver les deux hypothèses de la présente recherche; d'une façon opérationnelle, celles-ci s'énoncent ainsi: 1) Le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif aura une influence significative sur les progrès enregistrés par les deux groupes; 2) Cette influence aura toutefois moins d'impact dans le cas du groupe 2 (approche selon le plan de "readiness").

Dans cette optique, l'influence du niveau initial

de sensibilité au conflit cognitif, sur la qualité de l'apprentissage logico-mathématique de chacun des groupes, sera évaluée grâce à deux méthodes d'analyse statistique, soient le coefficient de corrélation de Pearson, et le test "t" de Student.

Chapitre III

Analyse des résultats

Ce troisième chapitre comporte deux grandes sections, soient la présentation et l'analyse des résultats en fonction des hypothèses déjà énoncées, et l'interprétation de ces résultats, plus particulièrement en ce qui a trait à l'influence du mode d'intervention par rapport au niveau initial de sensibilité au conflit cognitif.

Résultats

L'exposé des résultats se divise en deux parties: la première traite de l'équivalence initiale des groupes au pré-test MAE et aux épreuves prédictives, alors que la deuxième s'attache à présenter les résultats au terme de l'apprentissage.

Equivalence initiale des groupes

Avant de vouloir comparer les progrès observés dans chacun des groupes, et l'influence du niveau initial de sensibilité au conflit cognitif sur les progrès de chacun, nous nous sommes assurés de l'équivalence initiale des deux groupes, tant au niveau de leur maturité mathématique de

départ (MAE 1), que de leur niveau de conscience des contradictions présentes dans leur raisonnement (épreuves prédictives).

Le tableau 2 rapporte les moyennes et écarts-type enregistrés par les deux groupes au pré-test MAE, et à chacune des parties aux épreuves prédictives.

Tableau 2

Moyennes et écarts-type de chacun des deux groupes au pré-test MAE et aux épreuves prédictives (pour chaque partie et la cote globale)

<u>Test MAE</u>		Groupe 1	Groupe 2	Population totale
MAE 1	\bar{X}	8.38	8.40	8.39
(sur 20)	∇	2.96	3.15	3.05
<u>Epreuves Prédictives</u>				
Partie Consistance	\bar{X}	7.92	8.48	8.26
(sur 15)	∇	2.50	4.24	3.65
Partie Logique fonctionnelle (sur 24)	\bar{X}	10.44	10.80	10.66
	∇	3.75	5.03	4.56
Partie Sanction des faits (sur 15)	\bar{X}	10.16	9.65	9.85
	∇	2.17	2.62	2.45
Cote globale	\bar{X}	28.52	28.93	28.77
(sur 54)	∇	6.75	10.58	9.24

Il est facile de constater à la seule lecture de ce tableau que les deux groupes sont tout-à-fait équivalents quant à leur performance de départ au MAE; aucune différence significative n'est retrouvée entre les deux groupes. Pour ce qui est des scores obtenus aux épreuves prédictives, le tableau 3 confirme l'équivalence des groupes quant à chacune des parties aux épreuves prédictives.

Tableau 3

Test t de Student entre les moyennes
enregistrées par chaque groupe, pour chaque
partie des épreuves prédictives

Epreuves prédictives	t	Degré de liberté	Probabilité
Partie Consistance	0.59	63	0.555
Partie Logique fonctionnelle	0.31	63	0.759
Partie Sanction des faits	-0.81	63	0.419
Cote globale	0.17	63	0.865

Ainsi, les deux groupes sont donc comparables en tous points puisqu'ils possèdent initialement, la même maturité mathématique, et le même type d'organisation cognitive en ce qui a trait à leur sensibilité au conflit cognitif.

Il fut de plus constaté que le rendement enregistré au pré-test (MAE 1) correspond très bien au type d'organisation cognitive présenté par les enfants. Le tableau 4 rapporte le coefficient de corrélation de Pearson retrouvé entre le rendement obtenu au MAE 1 par la population totale, et la moyenne enregistrée à chacune des parties des épreuves prédictives pour cette même population.

Tableau 4

Coefficients de corrélation de Pearson pour la population totale, entre le rendement au MAE 1 et la moyenne obtenue à chaque partie des épreuves prédictives

Epreuves prédictives	Moyenne au MAE 1	
	Coefficients	Probabilité
Partie Consistance	0.5940	0.001*
Partie Logique fonctionnelle	0.5295	0.001*
Partie Sanction des faits	0.4788	0.001*
Cote globale	0.6232	0.001*

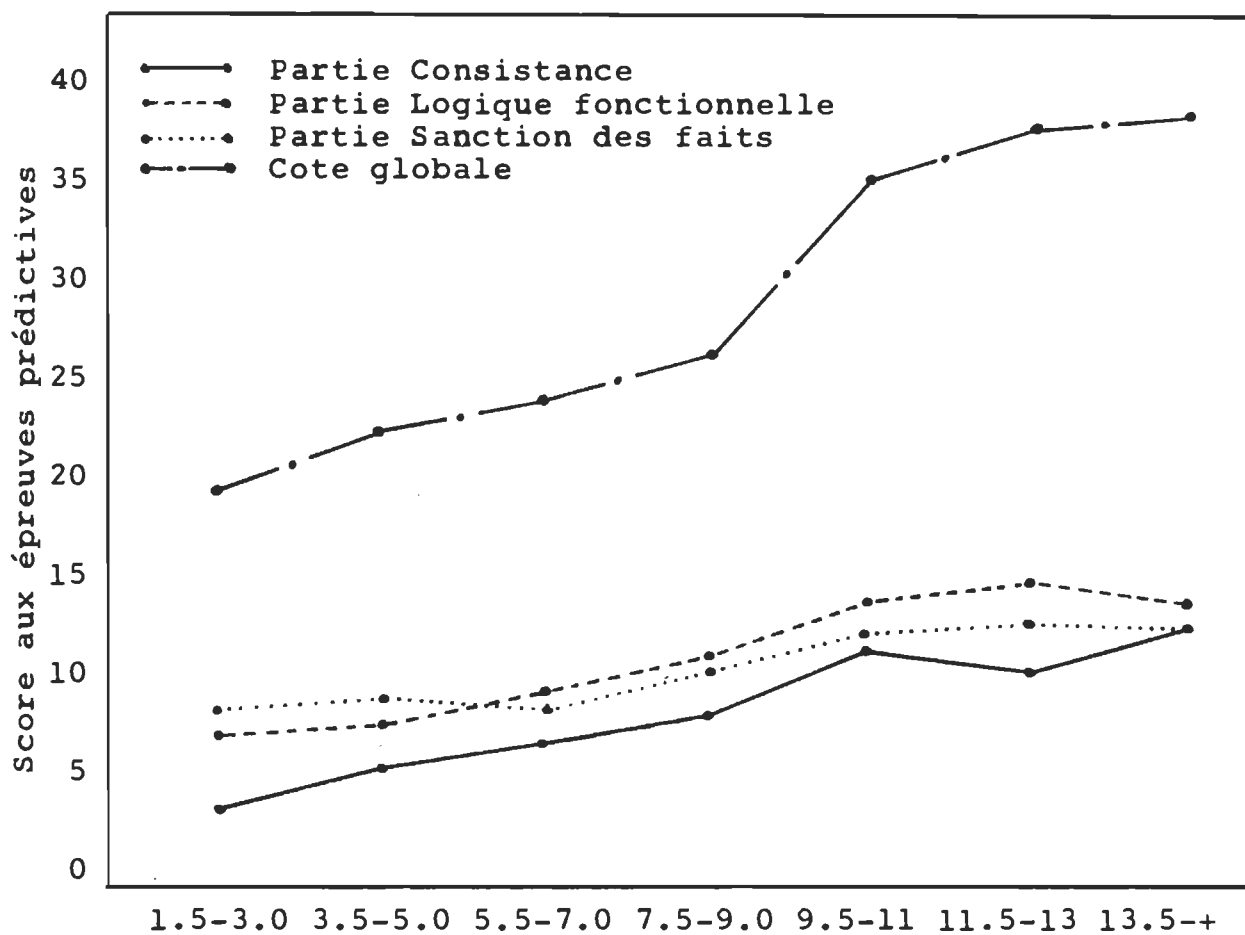
Ainsi, les enfants en général ont acquis une maturité mathématique correspondante à leur possibilité cognitive naturelle, ce qui confirme bien la valeur des épreuves prédictives de Lefèbvre (1973). En effet, considérant que le

niveau de sensibilité au conflit cognitif est un facteur important dans l'organisation cognitive de l'enfant, il est donc approprié de conclure que plus l'enfant a un niveau de sensibilité élevé, plus celui-ci a la possibilité cognitive d'offrir des performances élevées.

Il est d'ailleurs facile de visualiser cette dernière conclusion à l'aide de la figure 1. En effet, afin de mieux préciser l'influence du niveau de sensibilité au conflit cognitif sur les performances de l'enfant, les sujets de notre échantillon total furent répartis en sept catégories, des plus faibles aux plus forts, selon leur rendement au pré-test (MAE 1). Or, l'observation des scores aux épreuves prédictives, correspondant à chacune de ces catégories au MAE 1, nous permet ainsi de constater que plus la performance de l'enfant au MAE 1 tend à être élevée, plus son rendement s'avère supérieur aux épreuves prédictives. Dans cette optique, le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif a donc eu une influence certaine sur le rendement de départ des enfants.

Pour résumer, les deux groupes composant notre échantillon sont donc équivalents en tous points, et le niveau de sensibilité au conflit cognitif représente une valeur prédictive des acquisitions logico-mathématiques spontanées

de l'enfant.



Catégories de score au MAE 1

Fig. 1 - Score obtenu à chaque partie des épreuves prédictives selon le rendement au MAE 1.

Résultats au terme de l'apprentissage

La qualité de l'apprentissage, c'est-à-dire les progrès réalisés par chacun des deux groupes, est mesurée à partir

de l'augmentation entre le pré-test (MAE 1) et le post-test (MAE 2). Le tableau 5 rapporte les résultats enregistrés aux MAE 1 et 2, ainsi que l'augmentation qui en résulte.

Tableau 5

Moyennes et écarts-type, pour chacun des groupes, du pré-test (MAE 1), post-test (MAE 2), et de l'augmentation (MAE 2-MAE 1)

Test MAE		Groupe 1	Groupe 2	Population totale
Pré-test (MAE 1)	\bar{X}	8.38	8.40	8.39
	\sqrt{V}	2.96	3.15	3.05
Post-test (MAE 2)	\bar{X}	11.48	13.75	12.88
	\sqrt{V}	2.94	3.11	3.22
Augmentation (MAE 2-MAE 1)	\bar{X}	3.10	5.35	4.48
	\sqrt{V}	2.84	2.33	2.75

La lecture de ce tableau démontre bien que les deux groupes ont progressé; la différence entre le pré-test et le post-test est d'ailleurs significative ($p < 0.001$) pour les deux groupes.

Or, pour savoir si ces progressions ont été influencées par le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif, il fut nécessaire de vérifier les coefficients de

corrélation de Pearson entre l'augmentation réalisée par chacun des groupes, et leur niveau initial de sensibilité enregistré à chaque partie des épreuves prédictives.

Les coefficients, rapportés au tableau 6, n'indiquent qu'une seule corrélation significative ($p=0.04$), celle-ci apparaissant au niveau du groupe 1 à l'intérieur de la partie logique fonctionnelle. Face à ces résultats, nous pouvons donc conclure que la partie logique fonctionnelle s'avère prédictive des progrès réalisés par les enfants du groupe 1.

Or, l'absence de corrélation significative au niveau des parties "consistance" et "sanction des faits", apparaît contredire la valeur prédictive de ces deux parties. Ce phénomène est toutefois explicable de par la nature même de l'enseignement offert dans le groupe 1. En effet, partant du principe que l'enseignement scolaire régulier travaille davantage sur l'acquisition "mécanique" de connaissances, plutôt que sur la logique interne du raisonnement de l'enfant, il est donc plausible de croire que l'enseignant travaille plus particulièrement à deux niveaux: 1) Correction des incongruences contenues dans les réponses de l'enfant (travail au niveau de la consistance); 2) Démonstration de

Tableau 6

Coefficients de corrélation de Pearson entre la moyenne
d'augmentation de chacun des groupes, et le score
correspondant de chaque partie aux épreuves prédictives

Epreuves prédictives	Moyenne d'augmentation					
	Groupe 1		Groupe 2		popu. totale	
	Coeff.	p	Coeff.	p	Coeff.	p
Partie Consistance	0.1394	0.253	-0.0082	0.480	0.0619	0.312
Partie Logique fonctionnelle	0.3558	0.040*	0.1152	0.240	0.1948	0.060
Partie Sanction des faits	0.0548	0.397	-0.0906	0.289	-0.0723	0.284
Cote globale	0.2672	0.098	0.0291	0.429	0.1014	0.211

la bonne réponse (travail au niveau de la sanction des faits).

Ainsi, l'enseignant, travaillant à un niveau perceptible à partir des réponses de l'enfant, permet de ce fait certains progrès quant à l'utilisation systématique de certains schèmes (consistance) et quant à l'assimilation de certaines informations démontrées en classe (sanction des faits). Dans ce contexte, les scores initiaux enregistrés au niveau des parties consistance et sanction des faits, sont donc beaucoup moins représentatifs de l'organisation cognitive de l'enfant en fin d'année, plus particulièrement à ces deux niveaux.

Dans cette même optique, l'enseignement scolaire régulier présente toutefois une très grosse lacune en ce qui a trait au raisonnement logico-mathématique même de l'enfant. Or, ce dernier aspect, qui réfère à la logique fonctionnelle de l'enfant, constitue aussi une condition préalable essentielle pour que l'enfant puisse progresser normalement. De ce fait, cette condition a une influence sur la qualité de l'apprentissage logico-mathématique de l'enfant, ce qui fut confirmé par la corrélation significative observée entre la partie logique fonctionnelle des épreuves prédictives et les progrès enregistrés au niveau du groupe 1 (programme scolaire régulier).

Pour ce qui est du groupe 2, celui-ci n'a pas été influencé par le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif, puisqu'aucune corrélation significative ne fut retrouvée. Nous pouvons donc conclure que le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif a effectivement eu une influence au niveau du groupe 1, alors qu'il n'en a eu aucune dans le cas du groupe 2.

Dans ce contexte, l'hypothèse première de cette recherche, voulant que le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif ait une influence sur les progrès mathématiques des deux groupes, se trouve donc infirmée puisque cette influence n'apparaît que dans un seul groupe.

La seconde hypothèse par contre, qui veut que l'influence du niveau initial de sensibilité au conflit cognitif soit beaucoup moins grande au niveau du groupe 2, est ici largement confirmée par ces premiers résultats globaux. En fait, la confirmation de cette deuxième hypothèse révèle donc que le mode d'intervention utilisé a une importance cruciale pour contrecarrer l'influence du niveau initial de sensibilité au conflit cognitif.

D'une façon plus précise maintenant, la comparaison

des progrès (augmentation au MAE) réalisés par chacun des groupes (cf. Tableau 5), révèle l'existence d'une différence significative ($p=0.008$) en faveur du groupe 2. L'approche utilisée dans ce groupe a donc permis une qualité d'apprentissage supérieure, par rapport à celle utilisée dans le groupe 1.

Dans cette optique, considérant que les deux groupes avaient au départ le même niveau de sensibilité au conflit cognitif, il est donc valable de conclure que l'influence du niveau initial peut être contrecarrée grâce à un mode d'intervention appropriée.

Enfin, pour préciser davantage la valeur réelle de l'influence du niveau initial de sensibilité au conflit cognitif sur les progrès enregistrés dans chacun des groupes, nous avons réparti les enfants selon leur rendement à chacune des parties des épreuves prédictives; cette répartition est rapportée dans le tableau 7.

Cette répartition, réalisée pour chaque groupe, fut effectuée à partir de la moyenne et l'écart-type enregistrés à l'intérieur de chaque partie des épreuves prédictives. Ainsi, trois catégories d'enfants furent déterminées,

soient les forts ($> \bar{X} + V$), les moyens ($\bar{X} \pm V$), et les faibles ($< \bar{X} - V$).

Tableau 7

Répartition des enfants, à l'intérieur de chaque groupe, dans trois catégories (fort-moyen-faible) formées selon leur rendement à chaque partie des épreuves prédictives

Epreuves Prédictives	Catégories	Groupe 1		Groupe 2	
		F.A.	F.R.	F.A.	F.R.
		%		%	
Partie Consistance	Faible	1	4	8	20
	Moyen	20	80	19	47
	Fort	4	16	13	32
Partie Logique fonctionnelle	Faible	3	12	10	25
	Moyen	19	76	22	55
	Fort	3	12	8	20
Partie Sanction des faits	Faible	3	12	8	20
	Moyen	18	72	28	70
	Fort	4	16	4	10
Cote globale	Faible	2	8	8	20
	Moyen	19	76	22	55
	Fort	4	16	10	25

Puis, pour chacune de ces catégories, la moyenne d'augmentation (MAE 2-MAE 1) fut calculée. Le tableau 8 rapporte la moyenne d'augmentation correspondante à chaque catégorie, pour chaque groupe. La lecture de ce tableau permet premièrement d'observer, dans le cas du groupe 1,

Tableau 8

Moyenne d'augmentation (MAE 2-MAE 1) pour
chaque groupe, dans chaque catégorie à l'intérieur de
chacune des parties aux épreuves prédictives

Epreuves prédictives	Catégories	Groupe 1		Groupe 2	
		X	V	X	V
Partie Consistance	Faible	1.50	0	5.13	1.83
	Moyen	3.20	2.31	5.26	2.39
	Fort	3.00	5.45	5.62	2.66
Partie Logique fonctionnelle	Faible	1.17	0.58	4.55	2.07
	Moyen	3.18	3.05	5.55	2.17
	Fort	4.50	2.00	5.81	3.08
Partie Sanction des faits	Faible	1.17	0.58	4.55	2.07
	Moyen	3.28	2.99	5.23	2.50
	Fort	3.38	2.95	6.38	2.81
Cote globale	Faible	1.00	0.71	5.88	1.75
	Moyen	2.87	2.88	5.07	2.44
	Fort	5.25	2.22	5.55	2.63

que plus la catégorie est forte, plus l'augmentation correspondante est, elle aussi, élevée; cette observation apparaît d'ailleurs à l'intérieur de chaque partie des épreuves prédictives. Ainsi, la catégorie des forts présentent des progrès beaucoup plus élevés que la catégorie des moyens, et ces derniers, pour leur part, progressent davantage que les faibles.

La cote globale est d'ailleurs représentative de ces constatations; plus l'enfant a un niveau initial de sensibilité élevé, plus ses progrès tendent à être plus grands. Quant au groupe 2, celui-ci ne présente pas de différence entre les catégories; les forts, les moyens et les faibles présentent presque le même niveau d'augmentation.

Face à ces observations, un test t de Student, rapporté dans le tableau 9, fut calculé. Une seule différence significative fut relevée, soit au niveau de la partie logique fonctionnelle, entre les faibles et les forts du groupe 1.

L'analyse du tableau des répartitions (cf. Tableau 7) nous permet néanmoins de croire, que si le nombre de sujets dans chaque catégorie du groupe 1 avait été plus élevé, nous aurions pu trouver des différences significatives dans chaque partie des épreuves prédictives.

Donc, en conclusion, le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif a effectivement une influence réelle sur la capacité d'apprentissage logico-mathématique de l'enfant. Ainsi, plus le sujet a un niveau initial de sensibilité bas, plus ses progrès, en terme de performance, seront limités.

Tableau 9

Test t de Student, pour chaque groupe,
entre les moyennes d'augmentation correspondantes à chacune
des catégories, composant chaque partie des épreuves prédictives

Epreuves prédictives	Catégories ¹	Groupe 1			Groupe 2		
		t	d.l.	p	t	d.l.	p
Partie Consistance	1 VS 2	-0.72	19	0.481	-0.15	25	0.885
	1 VS 3	-0.25	3	0.821	-0.46	19	0.653
	2 VS 3	0.12	22	0.902	-0.39	30	0.698
Partie Logique fonctionnelle	1 VS 2	-1.12	20	0.275	-1.22	30	0.232
	1 VS 3	-2.77	4	0.050*	-1.04	16	0.315
	2 VS 3	-0.72	20	0.482	-0.27	28	0.792
Partie Sanction de faits	1 VS 2	-0.89	19	0.384	0.02	34	0.985
	1 VS 3	-0.85	5	0.432	-0.93	10	0.372
	2 VS 3	-0.06	20	0.954	-0.84	30	0.406
Cote globale	1 VS 2	-0.89	19	0.382	0.86	28	0.399
	1 VS 3	-2.51	4	0.066	0.30	16	0.768
	2 VS 3	-1.55	21	0.136	-0.51	30	0.616

¹Chaque catégorie fut numérotée: 1=faible; 2=moyen; 3=fort.

Cette influence peut toutefois être contrecarrée, car l'approche utilisée avec l'enfant apparaît être un facteur déterminant. Aussi, la deuxième partie de ce chapitre sera consacrée à analyser le type d'intervention, qui selon les résultats obtenus, permet à l'enfant de dépasser sa faible sensibilité au conflit cognitif.

Interprétation des résultats

Pour résumer brièvement les résultats obtenus, disons tout d'abord que c'est au niveau du groupe 1 que l'influence du niveau initial de sensibilité au conflit cognitif s'est avérée significative ($p=0.04$). En effet, la partie logique fonctionnelle des épreuves prédictives, qui est une condition essentielle pour qu'un enfant soit sensible au conflit, s'est révélée prédictive des progrès réalisés par les enfants du groupe 1.

Pour préciser davantage, nous avons de plus constaté, toujours à l'intérieur de la partie logique fonctionnelle, que plus le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif est élevé, plus les progrès mathématiques de l'enfant s'avèrent eux aussi élevés. Ainsi, une différence significative ($p=0.05$) fut retrouvée dans le groupe 1, entre

les progrès des enfants possédant un fort niveau de sensibilité et les progrès de ceux qui avaient un faible niveau.

Pour ce qui est du groupe 2, aucune corrélation significative ne fut retrouvée; le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif n'a donc pas eu d'impact sur les progrès enregistrés par les enfants de ce groupe. D'ailleurs, la progression (MAE 2-MAE 1) observée dans le groupe 2 est significativement ($p=0.008$) plus élevée que celle notée dans le groupe 1.

Ainsi, le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif semble, d'après les résultats obtenus (groupe 1), être un facteur important gouvernant l'organisation cognitive de l'enfant. Dans cette optique, la progression naturelle de l'enfant est grandement influencée par ce facteur.

Le groupe 1, qui a été soumis au programme scolaire régulier, a de toute évidence progressé selon les capacités naturelles de l'enfant, soit selon le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif présenté par celui-ci. Face à cela, il faut donc conclure que le programme présenté dans le système scolaire, n'offre pas à l'enfant les appuis néces-

saires pour lui permettre de dépasser ses limites.

Le plan de "readiness", proposé au groupe 2, est par contre apparu comme une approche, non seulement appropriée de par les performances réalisées, mais aussi fort pertinente en regard des capacités naturelles des enfants.

En effet, le plan de "readiness" s'est avéré efficace pour contrecarrer l'influence du niveau initial de sensibilité au conflit cognitif, et ce plus particulièrement avec les enfants présentant des niveaux plus bas.

Il n'est toutefois pas facile d'identifier avec précision quels sont les éléments, à l'intérieur de cette approche, qui ont joué un rôle significatif à ce niveau; par contre, certains d'entre eux apparaissent, de façon plausible, comme déterminants.

Premièrement, le plan de "readiness" est une approche qui préconise l'établissement d'un climat mathématique et non l'assimilation pure et simple de connaissances. Ce point a une grande importance car ainsi l'enfant est davantage stimulé à s'expérimenter et réfléchir, plutôt qu'à faire des apprentissages "mécaniques". Dans ce contexte, l'en-

fant a donc énormément plus de possibilités de se confronter à certaines contradictions, et a aussi plus d'opportunités pour élaborer ses propres stratégies.

L'approche, proposée par le plan de "readiness", a deuxièmement le souci d'axer son contenu (notions) sur l'acquisition de prérequis importants en mathématique. Or, cet élément apparaît comme déterminant puisqu'il permet à l'enfant d'acquérir un "bagage" de base essentiel à toute bonne compréhension logico-mathématique. En fait, pour qu'un enfant soit sensible et conscient de ses propres contradictions, il faut d'abord qu'il puisse s'appuyer sur une connaissance de base; sans celle-ci, il lui est quasi-impossible de faire les liens nécessaires.

La hiérarchie à l'intérieur des étapes à suivre dans le processus pédagogique, est aussi un point important dans l'approche proposée par le plan de "readiness". En fait, ces étapes tiennent compte du cheminement naturel de l'enfant. Ainsi, lorsque l'enfant est confronté à des notions nouvelles, il a davantage l'occasion d'expérimenter et progresser dans une voie appropriée à ses besoins. Aussi, il sera beaucoup plus facile pour lui d'être sensible à certaines lacunes, puisque sa compréhension s'élaborera d'une

façon davantage naturelle.

Enfin, le plan de "readiness" propose des exercices tant individuels qu'en groupes. Les activités de groupe sont aussi un élément important dans cette approche. Comme il a déjà été souligné par divers auteurs (Ames, 1980; Bredderman, 1973; Festinger, 1958), l'interaction entre pairs est en soi un climat propice à l'induction de conflits cognitifs entre les enfants eux-mêmes.

Conclusion

L'objectif visé par cette recherche était de clarifier le problème de la réussite différentielle, rencontré dans l'apprentissage des mathématiques chez l'enfant. En fait, nombre d'enfants présentent des difficultés face à l'apprentissage des mathématiques, ce qui nous amena à vouloir considérer le type d'organisation cognitive que peut posséder l'enfant pour profiter ou non d'une méthode d'apprentissage.

Dans cette optique, il nous a semblé plausible de poser l'hypothèse voulant que le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif ait une influence significative sur la qualité de l'apprentissage mathématique des enfants. Par ailleurs, considérant que le type d'approche utilisé avec les enfants peut aussi avoir une influence sur leur performance mathématique, notre échantillon fut composé de deux groupes, chacun ayant une méthode d'apprentissage différente (Groupe 1: programme scolaire régulier; Groupe 2: plan de "readiness").

Dans ce contexte, une deuxième hypothèse fut donc posée, celle-ci voulant que le niveau initial de sensibilité

au conflit cognitif ait davantage d'influence sur le groupe 1 que sur le groupe 2.

Or, l'analyse statistique de nos données nous permet de constater que seul le groupe 1 fut influencé par le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif. Ainsi, notre hypothèse première fut donc infirmée puisqu'il ne fut possible de généraliser l'influence du niveau initial de sensibilité au conflit cognitif, aux deux groupes. Cependant, notre deuxième hypothèse fut, pour sa part, confirmée puisque le type d'approche utilisé dans le groupe 2 a permis de contrecarrer l'influence du niveau initial.

Face à ces résultats, il convient de poser certaines hypothèses quant à la nature des résultats obtenus. En effet, constatant que le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif n'a pas eu d'influence sur le groupe 2, il apparaît donc plausible de croire que le type d'approche utilisé dans ce groupe ait pu permettre une augmentation du niveau de sensibilité au conflit cognitif des enfants.

En fait, dès le départ, le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif correspondait très bien (corrélation significative) aux résultats enregistrés au pré-

test MAE. Ainsi, une relation très étroite fut observée entre l'organisation cognitive des enfants, et leur performance mathématique en tant que telle. Partant de cette observation, il pourrait être fort pertinent dans les recherches futures, de remesurer le niveau de sensibilité au conflit cognitif à la fin de l'apprentissage, soit au même moment que le post-test, car ainsi il pourrait être possible de visualiser si effectivement le niveau initial des enfants a pu augmenter. Nous supposons en fait que si ceci avait été fait, les enfants avec un faible niveau initial de sensibilité au conflit cognitif du groupe 2, auraient davantage progressé aux épreuves prédictives à la fin de l'apprentissage, et auraient ainsi présentés un niveau de sensibilité beaucoup plus élevé à ce moment.

Dans cette optique, considérant que l'approche utilisée dans le groupe 2 vise d'abord et avant tout la stimulation des mécanismes logico-mathématiques de la pensée chez l'enfant, il apparaît donc pertinent de croire que la sensibilité au conflit cognitif puisse se développer grâce à l'adéquacité des stimulations offertes à l'enfant.

Ainsi, le niveau de sensibilité au conflit cognitif se développerait donc en fonction des stimulations, ce qui permettrait alors à l'enfant, grâce à une approche adéquate

comme celle proposée dans le plan de "readiness", d'augmenter sa sensibilité au conflit cognitif.

Les résultats de cette recherche nous permet donc de conclure que le niveau initial de sensibilité au conflit cognitif a effectivement une influence sur les progrès mathématiques de l'enfant. Toutefois, cette influence peut être contrecarrée grâce à une méthode d'apprentissage adéquate. Dans ce contexte, nous pouvons donc supposer que la stimulation des mécanismes de pensée chez l'enfant lui permet de développer sa sensibilité au conflit cognitif, et ainsi de progresser davantage.

Appendice A

Description et cotation du test MAE

Directives pour l'administration du test

A l'instar de tout test individuel, le MAE suppose une bonne relation entre examinateur et enfant. Vu son caractère facile et attrayant, il peut être appliqué directement à la grande majorité des enfants. Pour des enfants affectés de "blocages" émotionnels marqués, l'examineur utilisera les techniques d'usage avant d'appliquer le test.

Nous n'avons pas fixé de temps-limite pour la réalisation du test. Il est cependant utile de contrôler le temps total, il servira d'indice de la rapidité de l'enfant à effectuer les opérations. Dans les applications que nous avons faites, ce temps total se situe entre 10 et 30 minutes, et la majorité des enfants complètent l'épreuve en 15 ou 20 minutes.

La présentation du test est faite à l'aide de la consigne suivante: "Nous allons jouer à la devinette. Je te montre des dessins et des objets, et je te pose des questions. Tu dois deviner".

Contenu du test

Questionnaire

ITEM 1 Notion de grandeur

"J'ai trois jolies poupées. Sont-elles de la même grandeur?... Quelle est la plus grande?... Maintenant montre-moi la poupée qui est plus petite que celle-ci, mais la plus grande de celles qui restent".

ITEM 2 Notions: "Le plus" - "Le moins" - "Manque"

- 1- "Trois garçons sont allés à la chasse aux papillons. Voilà les trois garçons avec les papillons que chacun a capturés. Jean (montrer le premier) en a capturé plus que les deux autres. Auquel des deux autres manque-t-il le plus de papillons pour en avoir la même chose que Jean. Pourquoi?" Si l'enfant est incapable de répondre, ou répond correctement, ajouter la question suivante: "Combien de papillons manque-t-il à ce garçon (montre le dessin du milieu) pour avoir la même chose de papillons que Jean?... Et combien de papillons manque-t-il à celui-ci (dessin de droite) pour avoir la même chose de papillons que Jean?..." Si l'enfant a répondu correctement aux deux questions: "Très bien, il manque 3 papillons

et 2 papillons pour avoir la même chose que là
(montrer toujours le dessin correspondant). Alors
auquel des deux garçons manque-t-il le plus de pa-
pillons pour en avoir la même chose que Jean?"

- 11- a) "Voici deux palettes de chocolat. Y a-t-il la même
chose de chocolat dans les deux?... Pourquoi?"
- b) "Voici encore deux palettes de chocolat. Où y a-t-
il le plus de morceaux de chocolat... Pourquoi?"
- c) "Voici deux lignes de chemin de fer. Regarde ici
(montrer celle d'en haut), il lui manque un morceau
de rail" (montrer l'écart).
"Regarde maintenant l'autre (montrer celle du bas),
il lui manque aussi un morceau de rail (montrer l'é-
cart). A quelle ligne manque-t-il le plus de rail?"

ITEM 3 Notion de moitié

"Paul a ces fleurs dans son jardin. Il veut donner
la moitié des fleurs à sa maman. Montre-moi les
fleurs que Paul va prendre".

ITEM 4 Notion d'ordre

"Les petites tortues vont à l'école en file. La-

quelle est la deuxième de la file?"

ITEM 5 Classement

Avant chacune de ces questions demander à l'enfant d'identifier les objets dessinés. S'il y a erreur dans la reconnaissance de quelque dessin, corriger.

1- a) "Parmi ces choses, une n'est pas de la même sorte que les autres. Quelle est cette chose qui ne va pas avec les autres?... Pourquoi?"

b) Même consigne que a.

11- a) "Certaines de ces choses sont de la même sorte. Elles peuvent aller ensemble. Peux-tu me dire quelles sont ces choses?... Pourquoi?"

b) Même consigne que a.

ITEM 6 Connexité propre à la série des nombres, structure itérative, raisonnement récurrentiel

a) (Présenter les deux colliers). "Regarde bien ces deux colliers. Est-ce qu'il y a la même chose de perles dans les deux?... Dans quel collier y a-t-il le plus de perles?... (Si l'enfant ne donne pas la bonne réponse, la lui donner).

Maintenant, je veux faire avec celui-ci (le collier le plus long) un collier avec autant de perles que celui-là (le moins long). Est-ce que c'est possible?".
 Essai: Si l'enfant essaie d'égaliser, lui dire qu'il a le droit de faire des modifications seulement dans le collier le plus long.

- b) "Voici un morceau de plasticine. Je le coupe en trois parties. Regarde bien. Je coupe une fois, deux fois. Combien de morceaux y a-t-il?... J'ai coupé deux fois et j'ai trois morceaux. Maintenant, je veux faire quatre morceaux. Combien de fois faut-il couper?" S'il n'y a pas de réponse exacte, faire la démonstration.
- c) "Maintenant, je veux faire cinq morceaux. Combien de fois faut-il couper?"
- d) "Voici un drapeau. Il faut faire trois bandes, trois parties. Trace des lignes pour faire les trois parties".

ITEM 7 Composition additive

- a) "J'ai des petits jetons et j'ai décidé de les donner

à deux petites filles: Marie et Jacqueline. Je donne à Marie trois petits jetons et ensuite encore deux." Présenter les jetons. "Je donne à Jacqueline un petit jeton et ensuite quatre. Est-ce que les deux ont la même chose de jetons? Pourquoi?"

- b) "Deux camarades se partagent des morceaux de papier en couleur que voici. Jack prend celui-ci (morceau no 1) et Pierre celui-là (morceau no 2). Lequel des deux autres morceaux (morceaux nos 3 et 4) chacun prendra-t-il pour que les deux aient la même chose de papier?"

Après la réponse, demander: "Maintenant les deux ont-ils la même chose de papier?... Pourquoi?"

ITEM 8 L'ensemble - unité

"Je fais des canards en papier. J'ai déjà fait les pattes. (montrer les 6 pattes). Combien de canards puis-je faire avec ces pattes?... Pourquoi?" Si l'enfant répond un chiffre entre 1 et 6 excepté 3 - demander: "Combien de pattes a un canard?" Si la réponse n'est pas correcte, la donner à l'enfant et demander: 2) "Combien de canards puis-je faire avec ces pattes?"

ITEM 9 Passage de l'opération concrète à l'opération abstraite

"J'avais trois ballons. Maman me donne encore deux ballons. Maintenant, est-ce que j'ai plus ou moins de ballons?... Pourquoi?" Si l'enfant répond en donnant le nombre de ballons, demander: "Y a-t-il plus ou moins de ballons qu'avant?"

ITEM 10 Opération avec symboles

"Regarde. J'ai une boîte avec trois petits chats." Présenter la carte numéro un et faire vérifier par l'enfant qu'il y a bien trois chats. "Un petit chat sort de la boîte et s'en va se promener." Présenter la carte numéro deux. "Dessine ici (donner la feuille pour la réponse) les petits chats qui sont restés dans la boîte."

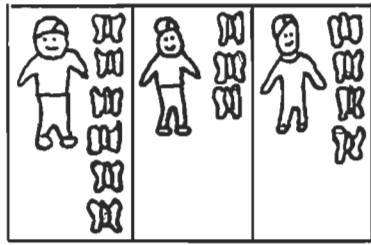
Epreuve complémentaire - conservation des quantités

Donner la plasticine et laisser l'enfant jouer.

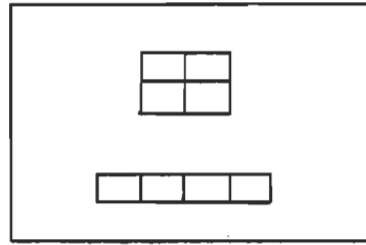
"Maintenant, nous allons faire des boules qui ont la même chose de pâte." Aider si nécessaire. Transformer une des boules en galette. "Maintenant, les deux ont-elles la même chose de pâte?... Pourquoi?"

Matériel

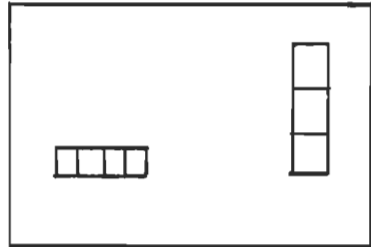
- Item 1: 3 poupées de 17 cm, 14 cm et 11 cm respectivement
- Item 2, 1: dessin no 1
- Item 2, 11a: dessin no 2
- Item 2, 11b: dessin no 3
- Item 2, 11c: dessin no 4
- Item 3: dessin no 5
- Item 4: dessin no 6
- Item 5a: dessin no 7
- Item 5b: dessin no 8
- Item 5c: dessin no 9
- Item 5d: dessin no 10
- Item 6a: 2 colliers de perles de 5 et 9 perles respectivement
- Item 6b et 6c: un morceau rectangulaire de plasticine
- Item 6d: feuille de réponse
- Item 7a: 10 petits jetons en carton
- Item 7b: 4 morceaux rectangulaires de papier. Morceau no 1:
7 cm X 4 cm, morceau no 2: 3 cm X 4 cm, morceau
no 3: 5 cm X 4 cm, morceau no 4: 9 cm X 4 cm.
- Item 8: 6 pattes de canards en carton
- Item 10: dessin no 11a et 11b et feuille de réponse
- Epreuve complémentaire: plasticine



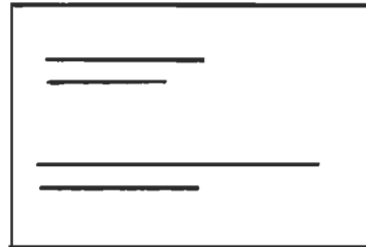
1



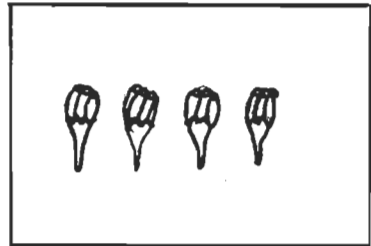
2



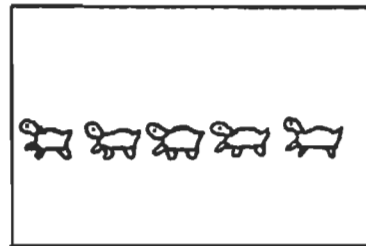
3



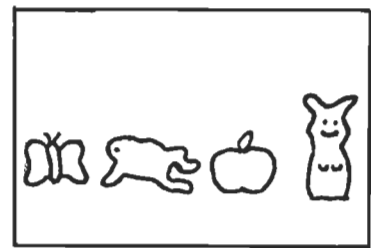
4



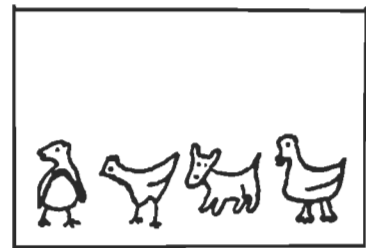
5



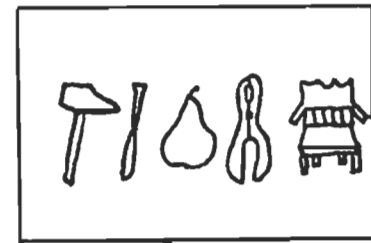
6



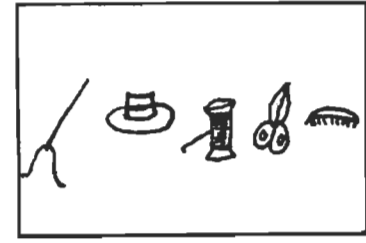
7



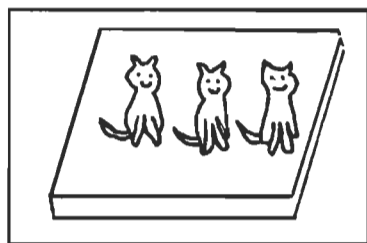
8



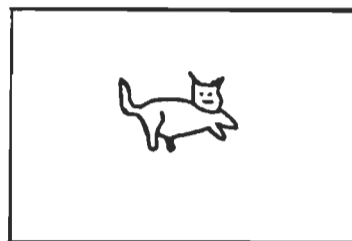
9



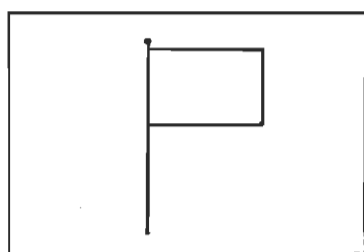
10



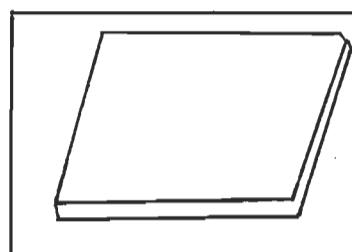
11a



11b



item 6d



item 10

Directives pour la cotation

On accorde 1 point par réponse correcte pour chacun des item. On peut donc obtenir un maximum de 20 points (la question complémentaire ne rentre pas dans l'évaluation quantitative).

On accorde:

1 point:

- Pour une réponse correcte à chaque question.
- Aux item 2 1, 2 11a, 2 11b, 5 1a, 5 1b, 5 11a, 5 11b, 7a, 7b, 8 et 9, on exige en plus une explication satisfaisante qui montre qu'il ne s'agit pas d'une réponse de simple hasard.

½ point:

- Pour une réponse erronée, corrigée ensuite de façon spontanée au cours de l'explication (pour les item où une explication de la réponse est exigée).
- Aux item 5 11a et 5 11b, quand l'enfant ne trouve que 2 des 3 dessins exigés.
- A l'item 7a, pour une réponse correcte avec comptage erroné lors de l'explication (par exemple: "Ils ont 4 jetons tous les deux").
- A l'item 8, pour une réponse correcte à la 2e question.
- A l'item 9, quand l'enfant donne comme réponse à la première question, un nombre supérieur à 3 et autre que 5 et répond bien à la 2e question.

0 point:

- Pour une réponse incorrecte.
- Pour une réponse correcte sans explication ou avec une mauvaise explication, aux item où celle-ci est exigée.

Appendice B

Description et cotation des épreuves prédictives

Description des épreuves prédictives

Récipients: partie consistance (cR)

A. Matériel

-1 récipient cylindrique (R) en matière plastique
(10,0 x 3,2 cm de diamètre) rempli de liquide coloré
rouge

-1 récipient cylindrique (O) en matière plastique
(10,0 x 3,2 cm de diamètre) rempli de liquide coloré
orange

-1 récipient cylindrique (B) en matière plastique
(13,0 x 3,2 cm de diamètre) rempli de liquide coloré
bleu

-1 récipient cylindrique (V) en matière plastique
(16,0 x 3,2 cm de diamètre) rempli de liquide coloré
vert

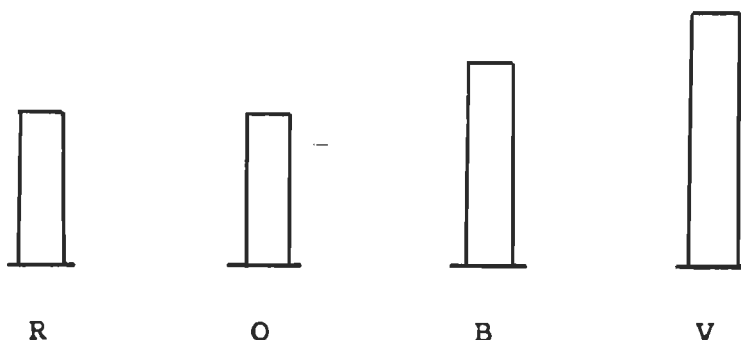
Les quatre récipients sont fermés aux deux extrémités

B. Consigne

Tâche 1 (consistance successive)

a) Aligner devant l'enfant les quatre récipients dans

l'ordre R-O-B-V, s'assurer qu'il connaît bien le nom des quatre couleurs utilisées, et dire: "Je vais te dire des choses sur les quatre verres qui sont là. Tu vas regarder comme il le faut les quatre verres et tu me diras si ce que je te dis est vrai ou pas vrai (si ce sont des mensonges). Quand ce sera vrai, tu diras c'est vrai et, quand ce ne sera pas vrai, tu diras c'est pas vrai".



b) Procéder alors aux problèmes suivants en lisant chacune des phrases à l'enfant; les répéter au besoin et lui demander à chaque fois: "Est-ce que c'est vrai ou pas vrai"?

Problème 1 (récipients O et R)

Les verres orange et rouge n'ont pas pareil de jus à boire.

Problème 2 (récipients B et O)

Le verre bleu a plus de jus à boire que le verre orange.

Problème 3 (récipients B et V)

Le verre bleu a moins de jus à boire que le verre vert.

Problème 4 (récipients O et B)

Le verre orange a plus de jus à boire que le verre bleu.

Problème 5 (récipients R et O)

Les verres rouge et orange ont pareil de jus à boire.

Problème 6 (récipients V et B)

Le verre vert a moins de jus à boire que le verre bleu.

Tâche 2 (consistance simultanée)

a) Après la lecture des cinq phrases, dire: "On va changer notre jeu. C'est toi maintenant qui va essayer de me dire des choses. Si je te dis: "le verre rouge a la même

chose de jus à boire que le verre orange, dis-moi quelque chose de vrai pareil, mais en commençant par le verre orange, le verre orange a ..."

Répéter la consigne au besoin et lui fournir la réponse s'il est incapable de la découvrir seul.

b) Après cette introduction, procéder aux problèmes suivants en lisant chacune des deux autres phrases, sans fournir aucune autre information que celles prévues par la consigne.

Problème 1 (récipients O et B)

Le verre orange a moins de jus à boire que le verre bleu. Dis-moi quelque chose de vrai pareil, mais en commençant par le verre bleu.

Problème 2 (récipients V et B)

Le verre vert a plus de jus à boire que le verre bleu. Dis-moi quelque chose de vrai pareil, mais en commençant par le verre bleu.

Récipients: partie logique fonctionnelle (1R)

A. Matériel

- 1 récipient cylindrique (I) en matière plastique
(12,0 x 3,2 cm de diamètre)
- 1 récipient cylindrique (II) en matière plastique
(8,0 x 3,2 cm de diamètre)
- 1 récipient cylindrique (1) en matière plastique
(12,0 x 3,2 cm de diamètre)
- 1 récipient cylindrique (2) en matière plastique
(8,0 x 3,2 cm de diamètre)
- 1 récipient cylindrique (3) en matière plastique
(5,0 x 3,2 cm de diamètre)
- 1 récipient cylindrique (4) en matière plastique
(18,0 x 3,2 cm de diamètre)
- 1 récipient cylindrique (5) en matière plastique
(12,0 x 7,0 cm de diamètre)
- 1 récipient cylindrique (6) en matière plastique
(8,0 x 2,0 cm de diamètre)
- 1 récipient cylindrique (7) en matière plastique
(8,0 x 7,0 cm de diamètre)
- 1 récipient cylindrique (8) en matière plastique
(12,0 x 2,0 cm de diamètre)

Les récipients 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 sont déjà entièrement remplis de liquide coloré et sont fermés par un bouchon amovible.

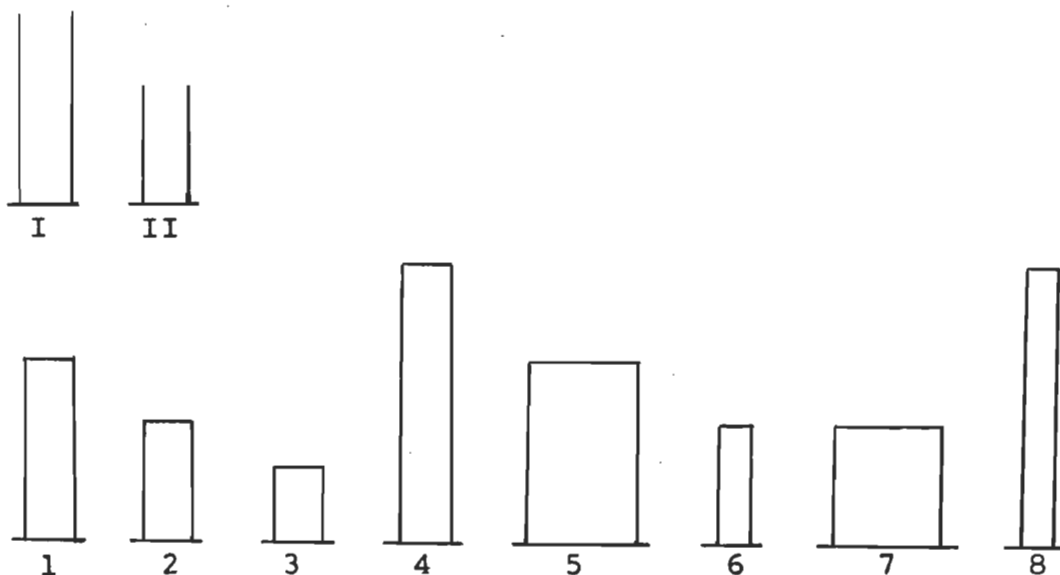
B. Consigne

Tâche 1 (correspondance un à un)

Aligner les huit récipients contenant déjà du liquide à un bout de la table et placer les deux récipients vides (I et II) au centre de la table.

Problème 1 (récipient 1)

a) Prendre le récipient 1 et le placer (du côté de l'enfant) devant les récipients I et II. Demander, en montrant du doigt les récipients concernés: "Si on versait tout le jus de ce verre-ci (1) dans celui-là (I), est-ce que ça le ferait déborder, ça ferait juste bien le remplir, ou si ça ne ferait pas assez de jus pour le remplir?"



b) Après que l'enfant ait donné sa réponse, demander:
"Et si maintenant on versait tout son jus dans celui-là
(II), est-ce que ça le ferait déborder, ça ferait juste
bien le remplir, ou si ça ne ferait pas assez de jus pour
le remplir?"

Remettre alors le récipient 1 au bout de la table et procéder de la même façon pour les sept autres problèmes.

Problème 2 (récipient 2)

Problème 3 (récipient 3)

Problème 4 (récipient 4)

Problème 5 (récipient 5)

Problème 6 (récipient 6)

Problème 7 (récipient 7)

Problème 8 (récipient 8)

Tâche 2 (correspondance plusieurs à un)

Aligner les huit récipients contenant du liquide au centre de la table et placer les deux récipients vides (I et II) devant l'enfant. Procéder aux problèmes suivant.

Problème 1

Peux-tu mettre ensemble tous les verres qui feraient juste bien remplir (jusqu'au bord) ce verre-ci (I) et mettre ensemble tous les verres qui feraient juste bien remplir (jusqu'au bord) ce verre-là (II)?

Après que l'enfant se soit exécuté, demander:

"Pourquoi tu penses que ces verres-ci (montrer la classe I), que tu as mis ensemble, vont bien remplir celui-ci (I) et que ces verres-là (montrer la classe II), que tu as mis ensemble, vont bien remplir celui-là (II)?"

Replacer alors tous les récipients à leur position initiale.

Problème 2

Peux-tu maintenant mettre ensemble tous les

verres qui ne feraient pas assez de jus pour remplir celui-ci (I) et mettre ensemble tous les verres qui feraient déborder celui-là (II)?

Après que l'enfant se soit exécuté, demander:
 "Pourquoi tu penses que ces verres-ci (montrer la classe I), que tu as mis ensemble, ne vont pas faire assez de jus dans celui-ci (I) et que ces verres-là, (montrer la classe II), que tu as mis ensemble, vont faire déborder celui-là (II)?"

Replacer alors tous les récipients à leur position initiale.

Récipients: partie sanction des faits (sR)

Choisir, parmi les huit récipients contenant du liquide, un de ceux qui a donné lieu à une erreur dans la tâche 1 ou 2. Poser les questions suivantes.

Question 1 (terme de comparaison)

Tu m'as dis que si on versait ce verre-ci dans celui-là (I ou II suivant le cas), ça ferait... (répéter la prédiction faite par l'enfant). Pour savoir si tu te trompes, est-ce que ça va nous aider de verser le jus dans le verre (I ou II)?

Question 2 (anticipation)

Si on verse tout le jus dans le verre, est-ce que ça va déborder, ça va faire juste bien le remplir, ou si ça va pas faire assez de jus pour le remplir?

Question 3 (soumission aux faits)

Après avoir fait la démonstration, demander: "Est-ce que tu t'étais trompé?"

Question 4 (explication)

Comment ça se fait que ...?

Question 5 (auto-correction)

Reprendre alors un autre récipient qui avait aussi donné lieu à une erreur dans la tâche 1 ou 2. Demander: "Si on versait tout le jus de ce verre-ci dans celui-là (I ou II), est-ce que ça le ferait déborder, ça ferait juste bien le remplir, ou si ça ferait pas assez de jus pour le remplir?"

Billes: partie consistance (cB)A. Matériel

- 2 billes rouges (R)
- 2 billes oranges (O)
- 3 billes bleues (B)

-4 billes vertes (V)

B. Consigne

Tâche 1 (consistance successive)

a) Aligner devant l'enfant les quatre collections de billes dans l'ordre R-O-B-V, en conservant une distance d'environ 5 cm entre chaque paquet de couleur différente. S'assurer qu'il connaît bien le nom des quatre couleurs utilisées et dire: "Je vais te dire des choses sur les quatre paquets de billes qui sont là. Tu vas regarder comme il faut les quatre paquets de billes et tu me diras si ce que je dis est vrai ou pas vrai (si ce sont des mensonges). Quand ce sera vrai, tu diras c'est vrai et, quand ce ne sera pas vrai, tu diras c'est pas vrai".

OO

R

OO

O

O
OO

B

OO
OO

V

b) Procéder alors aux problèmes suivants en lisant chacune des phrases à l'enfant; les répéter au besoin et lui demander à chaque fois: "Est-ce que c'est vrai ou pas vrai?"

Problème 1 (billes O et R)

Les paquets orange et rouge n'ont pas pareil de billes.

Problème 2 (billes B et O)

Le paquet bleu a plus de billes que le paquet orange.

Problème 3 (billes B et V)

Le paquet bleu a moins de billes que le paquet vert.

Problème 4 (billes O et B)

Le paquet orange a plus de billes que le paquet bleu.

Problème 5 (billes R et O)

Les paquets rouge et orange ont pareil de billes.

Problème 6 (billes V et B)

Le paquet vert a moins de billes que le paquet bleu.

Tâche 2 (consistance simultanée)

a) Après la lecture des cinq phrases, dire: "On va changer notre jeu. C'est toi maintenant qui va essayer de me dire des choses. Si je te dis: "le paquet rouge a la même chose de billes que le paquet orange, dis-moi quelque chose de vrai pareil, mais en commençant par le paquet orange. Le paquet orange a ..."

Répéter la consigne au besoin et lui fournir la réponse s'il est incapable de la découvrir seul.

b) Après cette introduction, procéder aux problèmes suivants en lisant chacune des deux autres phrases sans fournir aucune autre information que celles prévues par la consigne.

Problème 1 (billes O et B)

Le paquet orange a moins de billes que le paquet bleu. Dis-moi quelque chose de vrai pareil, mais en commençant par le paquet bleu.

Problème 2 (billes V et B)

Le paquet vert a plus de billes que le paquet bleu. Dis-moi quelque chose de vrai pareil, mais en commençant par le paquet bleu.

Billes: partie logique fonctionnelle (1B)

A. Matériel

- 50 billes bleues de 1,5 cm de diamètre
- 2 récipients cylindriques (S et E) en matière plastique (15,0 x 2,0 cm de diamètre), le récipient E étant partiellement recouvert d'un papier opaque afin d'en cacher le contenu à l'enfant
- 1 boîte transparente contenant les billes

B. Consigne

Tâche 1 (soustraction à S et addition à E de 1 bille)

Remettre à S et à E chacun 2 billes. Une fois l'égalité du nombre de billes admise par l'enfant dire:

"Dans mon jeu, je vais te jouer des tours: je vais te voler des billes. Mais toi, même si je te vole des billes, tu veux toujours avoir la même chose (pareil) de billes que moi. Tu peux alors prendre autant de billes que tu veux dans la boîte pour qu'on ait toujours la même chose de billes tous les deux."

Problème 1 (S=E=2)

Enlever 1 bille à l'enfant et dire: "Tu vois, je te vole une bille et je la cache dans ma main avec celles que j'ai déjà. Combien vas-tu

prendre de billes dans la boîte pour qu'on ait la même chose (pareil) de billes dans nos mains?"

Laisser l'enfant prendre le nombre de billes désiré. Procéder de la même façon pour les trois autres problèmes.

Problème 2 (E=3)

Problème 3 (E=4)

Problème 4 (E=5)

Tâche 2 (partie sanction des faits (sB))

Remettre à S et à E chacun un récipient cylindrique (S et E) et poser les cinq questions suivantes.

Question 1 (terme de comparaison)

Tu m'as dit qu'on avait la même chose (pareil) de billes dans nos mains. Pour savoir si tu te trompes, est-ce que ça va nous aider de mettre chacun nos billes dans les verres?

Question 2 (anticipation)

Si on met nos billes dans les verres, est-ce que ça

va monter pareil haut dans les deux verres?

Question 3 (soumission aux faits)

Après avoir déposé les billes dans leurs verres respectifs, demander: "Est-ce que tu t'étais trompé?"

Question 4 (explication)

Comment ça se fait que ...?

Question 5 (auto-correction)

Remettre à S et à E chacun 3 billes dans les verres respectifs. Une fois l'égalité du nombre de billes admise par l'enfant, lui enlever 1 bille et demander: "Combien vas-tu prendre de billes dans la boîte pour qu'on ait la même chose (pareil) de billes dans nos verres?"

Tâche 3 (soustraction à S de 1 bille sans addition à E)

Remettre à S et à E chacun 5 billes et les déposer dans les récipients (S et E) respectifs. Procéder de la même façon que dans la tâche 1, mais remettre dans la boîte la bille enlevée à l'enfant.

Problème 1 (S=E=5)

Enlever la bille à l'enfant et dire: "Tu vois, je te vole encore une bille, mais fais bien attention. Cette fois-ci, je ne mets pas la bille dans mon verre. Je la remets dans la boîte. Est-ce que tu dois prendre des billes dans la boîte pour en avoir la même chose (pareil) que moi?"

Si l'enfant répond oui, demander en plus:
"Combien vas-tu en prendre?"

Procéder de la même façon pour les deux autres problèmes.

Problème 2 (S=E=3)

Problème 3 (S=E=1)

Tâche 4 (soustraction à S et addition à E de 1 bille: contrôles)

Procéder exactement de la même façon que dans la tâche 1, mais déposer les billes dans les récipients (S et E) respectifs.

Problème 1 (S=E=3)

Problème 2 (S=E=10)Problème 3 (S=E=1)Tâche 5 (soustraction à S et addition à E de 2 billes)

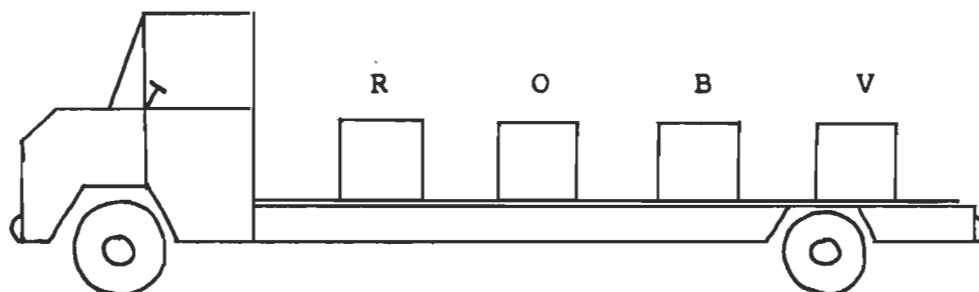
Procéder de la même façon que dans la tâche 1, mais enlever cette fois 2 billes à l'enfant. Déposer les billes dans les récipients (S et E) respectifs.

Problème 1 (S=E=3)Problème 2 (E=5)Problème 3 (E=7)Problème 4 (S=E=2)Maisons: partie consistance (CM)A. Matériel

- 4 perles cubiques de couleur différente: 1 rouge (R),
1 orange (O), 1 bleue (B) et une verte (V)
- 1 camion noir avec benne

B. ConsigneTâche 1 (consistance successive)

a) Placer devant l'enfant le camion sur lequel sont alignés (de l'avant à l'arrière) les quatre blocs dans l'ordre R-O-B-V. S'assurer qu'il connaît bien le nom des quatre couleurs utilisées et dire: "Je vais te dire des choses sur les quatre blocs qui sont dans le camion. Tu vois, ici (montrer), c'est le devant du camion et, ici (montrer), c'est l'arrière du camion. Tu vas regarder comme il le faut les quatre blocs et tu me diras si ce que je dis est vrai ou pas vrai (si ce sont des mensonges). Quand ce sera vrai, tu diras c'est vrai et, quand ce ne sera pas vrai, tu diras c'est pas vrai".



b) Procéder alors aux problèmes suivants en lisant chacune des phrases à l'enfant; les répéter au besoin et lui demander à chaque fois: "Est-ce que c'est vrai ou pas vrai?"

Problème 1 (blocs R et V)

Le bloc rouge est le dernier et le bloc vert est le premier sur le camion.

Problème 2 (blocs B et O)

Le bloc bleu est en arrière du bloc orange.

Problème 3 (blocs B et V)

Le bloc bleu est en avant du bloc vert.

Problème 4 (blocs O et B)

Le bloc orange est en arrière du bloc bleu.

Problème 5 (blocs V et R)

Le bloc vert est le dernier et le bloc rouge est le premier sur le camion.

Problème 6 (blocs V et B)

Le bloc vert est en avant du bloc bleu.

Tâche 2 (consistance simultanée)

Après la lecture des cinq phrases, dire: "On va changer notre jeu. C'est toi maintenant qui va essayer de me dire des choses. Si je te dis: le bloc rouge est le premier sur le camion, dis-moi quelque chose de vrai pareil, mais en commençant par le bloc vert est ..."

Répéter la consigne au besoin et lui fournir la réponse s'il est incapable de la découvrir seul.

b) Après cette introduction, procéder aux problèmes suivants en lisant chacune des deux autres phrases sans fournir aucune autre information que celles prévues par la consigne.

Problème 1 (blocs O et B)

Le bloc orange est en avant du bloc bleu. Dis-moi quelque chose de vrai pareil, mais en commençant par le bloc bleu.

Problème 2 (blocs V et B)

Le bloc vert est en arrière du bloc bleu. Dis-moi quelque chose de vrai pareil, mais en commençant par le bloc bleu.

Maisons: partie logique fonctionnelle (1M)

A. Matériel

-10 maisons rectangulaires en bois, chacune étant de couleur différente. Les cinq premières ("maisons des madames") sont respectivement orange, verte, rouge, jaune et bleu pâle. Les cinq autres sont de couleur noire, mauve, blanche, brune et bleu marine

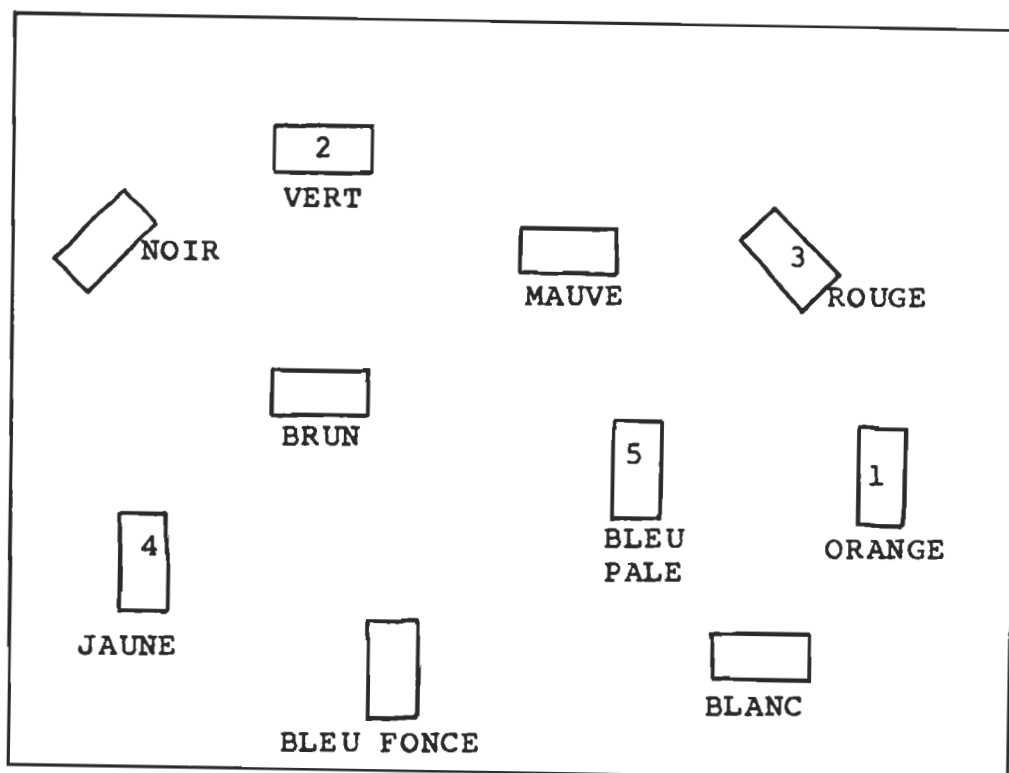
- 1 planche de bois sur laquelle sont collées les maisons
- 1 camion blanc avec benne
- 5 perles cubiques ("boîte de lessive") de même couleur que les cinq premières maisons: orange, verte, rouge, jaune et bleu pâle
- 1 calepin contenant une page couverture et 5 pages intérieures
- 5 crayons de couleur orange, verte, rouge, jaune et bleu pâle

B. Consigne

Introduction

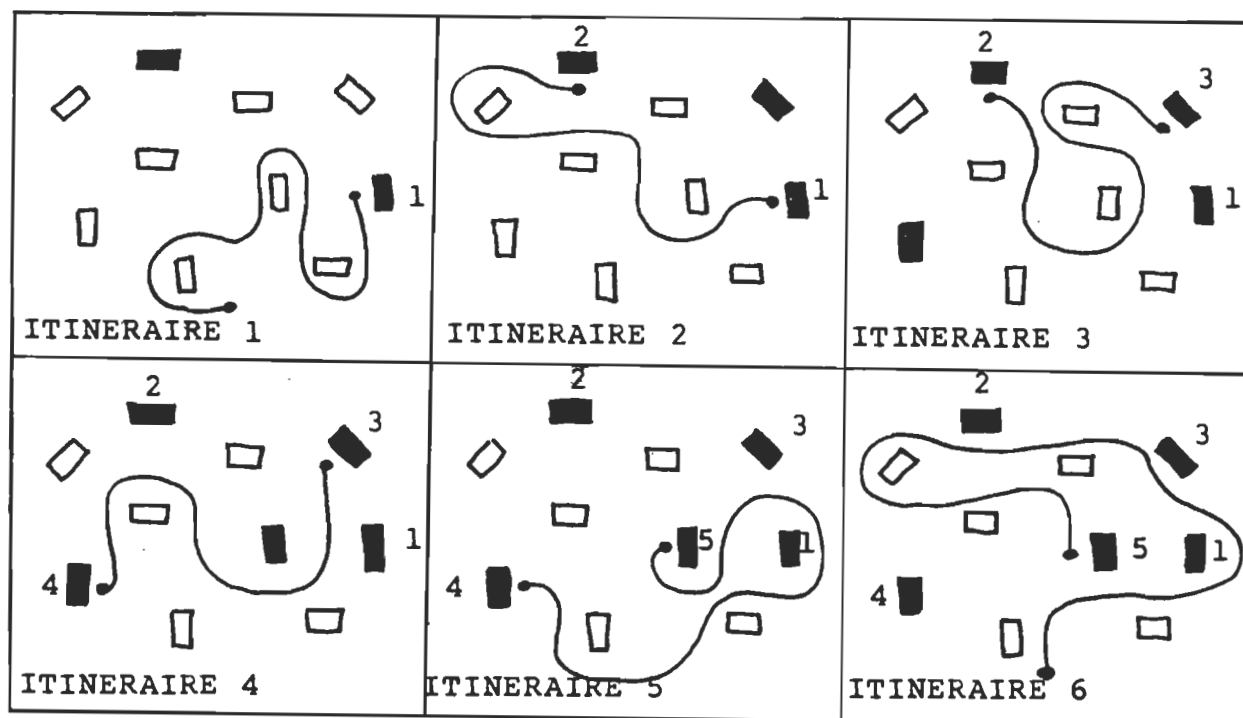
Après s'être assuré que l'enfant connaît bien le nom des couleurs utilisées, dire: "Tu vois, c'est un village avec des petites maisons de toutes les couleurs (la disposition des maisons est reproduite à la page suivante). Dans les maisons, il y a des madames qui font souvent faire leur lessive ("laver leur linge") par le nettoyeur (montrer le camion). Aujourd'hui, quelques madames seulement ont appelé le nettoyeur, lui, va aller chercher les boîtes de lessive pour les laver. Mais, il doit faire bien attention: il doit aller d'abord chez la madame qui a appelé en premier, avant toutes les autres, puis ensuite chez la madame qui a

appelé en deuxième, etc."



Tâche 1 (repères)

a) Lorsque l'enfant semble comprendre la situation, faire rouler le camion vers la première maison (orange) selon l'itinéraire indiqué à la page suivante et dire: "Maintenant le nettoyeur va chercher la lessive. Il va d'abord chez la madame qui a appelé en premier."



b) Placer la perle orange en arrière sur la benne du camion et tracer un cercle orange sur la première page du calepin en disant: "Tu vois, la madame orange donne sa boîte de linge orange et le nettoyeur la place en arrière sur le camion. Le nettoyeur écrit aussi orange sur la première page du calepin."

c) Faire ensuite rouler le camion vers la deuxième maison (verte), toujours selon l'itinéraire indiqué, et dire:

"Maintenant, le nettoyeur va chercher le linge chez la madame qui a appelé en deuxième."

d) Placer la perle verte en avant de la perle orange sur la benne du camion et tracer un cercle vert sur la deuxième page du calepin en disant: "Tu vois, la madame verte donne sa boîte de linge verte et le nettoyeur la place un peu plus en avant sur le camion. Le nettoyeur écrit aussi vert sur la deuxième page du calepin."

e) Faire successivement rouler le camion vers les troisième, quatrième, puis cinquième maisons, toujours selon les itinéraires indiqués et adapter la consigne à l'ordre et à la couleur des maisons.

A la fin du parcours, les perles sont alignées sur le camion dans l'ordre suivant (d'arrière à avant): orange, vert, rouge, jaune et bleu.

Pour vérifier si l'enfant a pu simplement mémoriser le parcours, lui demander en l'empêchant de regarder la série de perles sur le camion: "Te rappelles-tu à quelles maisons on vient d'aller?"

f) Expliquer à l'enfant que la lessive est en cours et que, pendant ce temps, il doit répondre à quelques questions. Demander:

Problème 1

Pourquoi la boîte jaune est-elle placée en avant de la boîte rouge sur le camion?

Problème 2

Pourquoi la boîte verte est-elle placée en arrière de la boîte rouge sur le camion?

Problème 3

Pourquoi la boîte orange est-elle placée en arrière sur le camion?

Problème 4

Pourquoi la boîte jaune est-elle placée en avant de la boîte verte sur le camion?

Problème 5

Pourquoi la boîte bleue est-elle placée en avant sur le camion?

Tâche 2 (événements)

Expliquer à l'enfant que le nettoyeur a de la difficulté à se rappeler chez laquelle des madames il était allé en premier, puis en deuxième, etc. Inviter l'enfant à aider le nettoyeur et demander:

Problème 1

Parmi (dans) ces trois maisons-là seulement (montrer BJR), à laquelle on est allé avant les autres tout à l'heure?

Problème 2

Parmi (dans) ces trois maisons-là seulement (montrer JRV), à laquelle on est allé après les autres tout à l'heure?

Problème 3

Parmi (dans) toutes les maisons (montrer tout le village), à laquelle on est allé en premier tout à l'heure?

Problème 4

Parmi (dans) ces trois maisons-là seulement (montrer JRV), à laquelle on est allé avant les autres tout à l'heure?

Problème 5

Parmi (dans) toutes les maisons (montrer tout le village), à laquelle on est allé en dernier tout à l'heure?

Maisons: partie sanction des faits (SM)

a) Expliquer à l'enfant que la lessive n'étant pas prête, il doit aller lui-même en avertir les madames. Lui donner le camion et lui demander de retourner aux maisons dans l'ordre (d'abord chez la madame où on était allé en premier, puis en deuxième, etc.).

b) Si l'enfant ne fait aucune erreur lors de son parcours, attendre qu'il atteigne la dernière maison (bleue) avant de poser les cinq questions qui suivent en c.

Lorsque l'enfant fait une première erreur, poser alors les cinq questions qui suivent. S'il fait d'autres erreurs par la suite, les noter sans les corriger.

L'expérimentateur doit, de toutes façons, garder le calepin à la main durant tout le parcours de l'enfant.

c) Au moment choisi, poser les questions suivantes:

Question 1 (terme de comparaison)

Tu dis qu'on était allé tout à l'heure à la maison ... (nommer la couleur) en ... (premier, deuxième, etc. suivant le cas). Pour savoir si tu te trompes, est-ce que ça va nous aider de regarder dans le calepin?

Question 2 (anticipation)

Si on regarde dans le calepin, quelle couleur tu penses il va y avoir sur la ... (première, deuxième, etc. suivant le cas) page?

Question 3 (soumission aux faits)

Après avoir montré à l'enfant la page correspondante dans le calepin demander: "Est-ce que tu t'étais trompé?"

Question 4 (explication)

Comment ça se fait que ...?

Question 5 (auto-correction)

Où est-ce qu'il faudrait le mettre le camion?

Cotation des épreuves prédictives

Réceptients: partie consistance (cR)

La tâche 1 est corrigée sur 3 points (1 point par couple) et la tâche 2 sur 2 points. L'enfant obtient ainsi, pour l'épreuve des réceptients, une cote de consistance (cR) pouvant varier de 0 à 5.

Réceptients: partie logique fonctionnelle (lR)

La clé de correction de la partie logique fonctionnelle de cette épreuve comporte huit niveaux, qui tiennent compte chacun des réponses de l'enfant aux deux tâches. Les quatre premiers niveaux rassemblent les sujets qui ne tiennent compte que d'un seul critère à la fois (hauteur ou largeur) lors des tâches 1 et 2. Les quatre derniers niveaux marquent les étapes successives précédant l'accession à une correspondance un à un fondée sur deux critères à la fois (tâche 1) et à une correspondance plusieurs à un (tâche 2) qui soit à la fois consistante et fondée elle aussi sur les deux dimensions des objets à comparer. Il faut noter que les deux problèmes de la tâche 2, où il s'agit de classer simultanément en deux catégories un ensemble de réceptients, exigent plus de mobilité mentale que ceux de la tâche 1 et donnent ainsi lieu à des comportements souvent inférieurs (du moins jamais supérieurs) à ceux manifestés à la tâche 1. Le tableau 10 présente en résumé les huit niveaux de la clé de correction.

Tableau 10

Résumé de la clé de correction appliquée à la partie
logique fonctionnelle de l'épreuve des récipients

Niveau	Tâche 1			Tâche 2	
	Prob.1-4	Prob.5-6	Prob.7-8	Prob. 1	Prob. 2
1	réussite	seule hauteur	seule hauteur	classification par hauteur, non consistante	classification par hauteur, non consistante
2	idem	idem	idem	classification par hauteur, consistante	classification par hauteur, consistante
3	idem	réussite	une réussite sur quatre	classification par hauteur, non consistante	classification par hauteur, non consistante
4	idem	idem	idem	classification par hauteur, consistante	classification par hauteur, consistante
5	idem	idem	deux réussites sur quatre	idem	idem
6	idem	idem	idem	idem	une réussite sur deux
7	idem	idem	trois réussites sur quatre	idem	idem
8	idem	idem	idem	une réussite sur deux	idem

La position de l'enfant dans cette échelle à huit niveaux permet de lui attribuer une cote de logique fonctionnelle (lR) pouvant varier de 1 à 8, une fois éliminés les enfants incapables de se plier à l'expérience (niveau 0).

Récipients: partie sanction des faits (sR)

Chaque réponse adéquate mérite 1 point à l'enfant, la cote de sanction des faits (sR) pouvant alors varier de 0 à 5.

Billes: partie consistance (cB)

La technique de correction est identique à celle utilisée pour l'épreuve des récipients, de sorte que l'enfant obtient encore ici une cote de consistance (cB) pouvant varier de 0 à 5.

Billes: partie logique fonctionnelle (lB)

La clé de correction de la partie logique fonctionnelle de cette épreuve comporte huit niveaux qui tiennent compte chacun des réponses de l'enfant à l'ensemble des tâches de l'épreuve. Aux quatre premiers niveaux, l'enfant reconnaît un lien de dépendance fonctionnelle entre la différence y à évaluer et le transfert x qui l'a provoquée, mais ce schème d'action, exprimé par la fonction, se

traduit encore en une pure copropriété (application de x sur y): le sujet agit et raisonne alors à sens unique plutôt qu'en un double mouvement avec action en retour. Les quatre derniers niveaux représentent le passage progressif à la covariation où le sujet en vient à reconnaître l'interdépendance de la collection qui perd x éléments et de celle qui gagne y éléments. Dans la description des niveaux, y représentera le nombre d'éléments à prendre pour égaliser les collections et x celui des éléments transférés de la collection S (sujet) à la collection E (examineur). Le tableau 11 présente en résumé les huit niveaux de la clé de correction:

Comme dans l'épreuve précédente, l'enfant peut donc obtenir une cote de logique fonctionnelle (1B) pouvant varier de 1 à 8.

Billes: partie sanction des faits (sB)

Les cinq problèmes se corrigent de la même façon que pour la partie correspondante de l'épreuve des récipients et l'enfant obtient encore une cote de sanction des faits (sB) pouvant varier de 0 à 5.

Maisons: partie consistance (cM)

La correction des deux tâches se fait de la même

Tableau 11

Résumé de la clé de correction appliquée à la partie
logique fonctionnelle de l'épreuve des billes

Niveau	Tâche 1	Tâche 3	Tâche 4	Tâche 5
1	échec ($y=x=1$)	échec ($y=x-1-0$)	échec ($y=x=1$)	échec ($y=x=2$)
2	idem	réussite ($y=x=1$)	échec de $S=E=10$ réussite de $S=E=1$	échec ($y=x=2$) réussite de $S=E=2$
3	réussite partielle	idem	idem	idem
4	idem	idem	idem	réussite partielle réussite de $S=E=2$
5	réussite ($y=2x=2$)	idem	idem	échec ($y=x=2$) réussite de $S=E=2$
6	idem	idem	idem	réussite partielle réussite de $S=E=2$
7	idem	idem	réussite ($y=2x=2$)	idem
8	idem	idem	idem	réussite ($y=2x=4$)

façon que pour la partie correspondante de l'épreuve des récipients, et l'enfant obtient une nouvelle cote de consistance (cM) pouvant varier de 0 à 5.

Maisons: partie logique fonctionnelle (lB)

La clé de correction de la partie logique fonctionnelle de cette épreuve comporte huit niveaux qui tiennent compte chacun des réponses de l'enfant aux deux tâches de l'épreuve. Les quatre premiers niveaux représentent les étapes successives conduisant à la reconnaissance d'une dépendance fonctionnelle entre l'ordre des repères et celui des événements (tâche 1). Les quatre derniers niveaux font la transition entre l'acquisition de cette correspondance sériale biunivoque et la compréhension de sa réciproque, laquelle permet en plus de retrouver l'ordre des événements à partir de l'ordre des repères (tâche 2). Le tableau 12 présente en résumé les huit niveaux de la clé de correction.

Comme dans les deux épreuves précédentes, l'enfant obtient donc une cote de logique fonctionnelle (lM) qui peut varier de 1 à 8.

Maisons: partie sanction des faits (sM)

Tableau 12

Résumé de la clé de correction appliquée à la partie
logique fonctionnelle de l'épreuve des maisons

Niveau	Tâche 1	Tâche 2
1	non reconnaissance du lien de dépendance	non reconnaissance du lien de dépendance
2	reconnaissance du lien de dépendance pour termes extrêmes	idem
3	idem	reconnaissance du lien de dépendance pour termes extrêmes
4	reconnaissance du lien de dépendance, mais inversion	non reconnaissance du lien de dépendance
5	réussite	idem
6	réussite	reconnaissance du lien de dépendance pour termes extrêmes
7	inversion du sens de la série + auto-correction	inversion du sens de la série + auto-correction
8	réussite	réussite

Les cinq problèmes se corrigent de la même façon que ceux de la partie correspondante de l'épreuve des récipients et l'enfant obtient une dernière cote de sanction des faits (sM) pouvant varier de 0 à 5.

Remerciements

L'auteur désire exprimer sa gratitude à son directeur de mémoire, madame Ercilia Quintin, Ph. D., professeur au département de psychologie, à qui il est redevable de conseils judicieux, et d'une attention toujours constante et fort stimulante. Des remerciements sont aussi adressés à mesdemoiselles Marcelle Belcourt, Lorraine Gélinas, et Sylvie Vaillancourt, étudiantes en psychologie, pour leur aide soutenue lors de l'expérimentation. Enfin, l'auteur désire remercier les Fonds F.C.A.C. pour leur aide financière tout au cours de la rédaction de cette recherche.

Références

- AEBLI, H. (1970). Piaget and beyond. Interchange, 1, 1, 12-24.
- AIKEN, L.R. (1971). Intellective variables and mathematics achievement: Directions for research. Journal of school psychology, 9, 2, 201-212.
- AMES, G.J. (1980). When two wrongs make a right: Promoting cognitive change through social conflict. Document présenté au "Biennial south eastern conférence on human development" (Alexandria, 1980), 26p..
- BEILIN, H. (1965). Learning and operational convergence in logical thought development. Journal of experimental child psychology, 2, 317-339.
- BEILIN, H. (1971). The training and acquisition of logical operations. Development research and mathematical education. National council of teachers and mathematics: Washington.
- BERLYNE, D. (1960). Conflict, arousal and curiosity. New-York: Mc Graw-Hill.
- BERLYNE, D. (1962). Uncertainty and epistemic curiosity. British journal psychology, 53, 27-34.
- BOTVIN, G.J., MURRAY, F.B. (1975). The efficacy of peer modeling and social conflict in the acquisition of conservation. Child development, 46, 796-799.
- BREDDERMAN, T.A. (1973). The effects of training on the development of the ability to control variables. Journal of research in science teaching, 10, 3, 189-200.
- BUELL, R.R. (1970). Planning cognitive conflict in inquiry loops. Audiovisual instrument, 15, 2, 19.
- BULLINGER, A., HAUER, C.A., HAUFMAN, J.L. (1974). Oscillatory behaviors in a seriation task. Cahiers de psychologie, 17, 2, 65-77.

- CAMERON, C.A. (1979). Trials per problem and age as factors in learning set formation of children. Journal of experimental child psychology, 27, 3, 410-422D.
- CASE, R. (1974). Structures and strictures: Some functional limitations on the course of cognitive growth. Cognitive psychology, 6, 544-573.
- CASE, R. (1977). Responsiveness to conservation training as a function of induced subjective uncertainty, M-space, and cognitive style. Canadian journal of behavioural science, 9, 1, 12-25.
- CHARBONNEAU, C., ROBERT, M. (1977). Observational learning of quantity conservation in relation to the degree of cognitive conflict. Psychological reports, 41, 3, 975-986.
- CHARLESWORTH, W.R. (1964). Instigation and maintenance of curiosity behavior as a function of surprise versus novel and familiar stimuli. Child development, 35, 1169-1186.
- CHARLESWORTH, W.R. (1969). The role of surprise in cognitive development, in D. Elkind, J.H. Flavell (Eds.): Studies in cognitive development: essays in honor of Jean Piaget (pp. 257-314). New-York: Oxford University Press.
- CORLIS, C., WEISS, J. (1973). Curiosity and openness: Empirical testing of a basic assumption. Document présenté au "Annual meeting of the american educational research association" (New Orleans, 1973), 12 p..
- COSIER, R.A., ROSE, G.L. (1977). Cognitive conflict and goal conflict effects on task performance. Organizational behavior and human performance, 19, 2, 378-391.
- DAVIS, R.B. (1976). Children's spontaneous mathematical thought. Journal of children's mathematical behavior, 1, 60-84.
- DIXON, J.C. (1949). Concept formation and emergence of contradictory relations. Journal of experimental psychology, 39, 144-149.

- FESTINGER, L. (1958). The motivating effect of cognitive dissonance, in G. Lindzey (Ed.): Assessment of human motives (pp. 65-86). New-York: Holt.
- FLAVELL, J.H. (1971). Comments on Beilin's "The development of physical concept", in T. Mischel (Ed.): Cognitive development and epistemology (pp. 121-128). New-York: Academic Press.
- GUILFORD, J.P. (1965). Fundamental statistics in psychology and education. New-York: Mc Graw-Hill.
- HALFORD, G.S. (1970). A theory of the acquisition of conservation. Psychological review, 77, 302-316.
- HEIMGARTNER, N.L. (1968). Selected mathematical abilities of beginning kindergarten children. Doctoral dissertation, Colorado State College.
- INHELDER, B., SINCLAIR, H. (1969). Learning cognitive structures, in P.H. Mussen, J. Langer, M. Covington (Eds.): Trends and issues in developmental psychology (pp. 3-21). New-York: Holt, Rinehart and Winston.
- INHELDER, B., BOVET, M., SINCLAIR, H. (1967). Développement et apprentissage. Revue suisse de psychologie pure et appliquée, 26, 1-23.
- INHELDER, B., SINCLAIR, H., BOVET, M. (1974). Apprentissage et structures de la connaissance. Paris: Presses Universitaires de France.
- INHELDER, B., BOVET, M., SINCLAIR, H., SMOCK, C.D. (1966). On cognitive development. American psychologist, 21, 160-164.
- JOHNSON, J.K., HOWE, A.C. (1978). The use of cognitive conflict to promote conservation acquisition. Journal of research in science teaching, 15, 4, 239-247.
- JUDD, S.A., MERVIS, C.B. (1979). Learning to solve class-inclusion problems: The roles of quantification and recognition of contradiction. Child development, 50, 1, 163-169.

- KINGSLEY, R., HALL, V.C. (1967). Training conservation of weight and length through the use of learning sets. Child development, 38, 1111-1126.
- KUHN, D. (1972). Mechanisms of change in the development of cognitive structures. Child development, 43, 833-844.
- LANGER, J. (1969). Disequilibrium as a source of development, in P. Mussen, J. Langer, M. Covington (Eds.): Trends and issues in developmental psychology (pp. 23-37). New-York: Holt, Rinehart and Winston.
- LEFEBVRE, M. (1971). Apprentissage de la conservation des quantités par une méthode de conflit cognitif. Thèse de maîtrise inédite, Université de Montréal.
- LEFEBVRE, M. (1973). Influence du niveau initial de développement mental sur l'apprentissage de la conservation des quantités par une méthode de conflit cognitif. Thèse de doctorat inédite, Université de Montréal.
- LEFEBVRE, M., PINARD, A. (1972). Apprentissage de la conservation des quantités par une méthode de conflit cognitif. Canadian journal of behavioural science, 4, 1-12.
- LEFEBVRE, M., PINARD, A. (1974). Influence du niveau initial de sensibilité au conflit sur l'apprentissage de la conservation des quantités par une méthode de conflit cognitif. Canadian journal of behavioural science, 6, 398-413.
- LEGENDRE-BERGERON, M.F. (1980). Lexique de la psychologie du développement de Jean Piaget. Chicoutimi: Gaetan Morin.
- MARKMAN, E.M. (1979). Realizing that you don't understand elementary school children's awareness of inconsistencies. Child development, 50, 3, 643-655.
- MILLER, S.A. (1973). Contradiction, surprise, and cognitive change: The effects of disconfirmation of belief on conservers and non conservers. Journal of experimental child psychology, 15, 1, 47-62E.
- MISCHEL, T. (1971). Piaget: Cognitive conflict and the motivation of thought, in T. Mischel (Ed.): Cognitive development and epistemology (pp. 311-355). New-York: Academic Press.

- MURRAY, F.B. (1968). Acquisition of conservation through social interaction. Developmental psychology, 6, 1-6.
- MURRAY, F., AMES, G., BOTVIN, G. (1977). Acquisition of conservation through cognitive dissonance. Journal of educational psychology, 69, 519-527.
- OBRIEN, D., OVERTON, W.F. (1980). Conditional reasoning following contradictory evidence: A developmental analysis. Journal of experimental child psychology, 30, 1, 44-61
- PALMER, E.L. (1965). Accelerating the child's cognitive attainments through the inducement of cognitive conflict: An interpretation of the Piagetian position. Journal of research in science teaching, 3, 318-325.
- PIAGET, J. (1923). Le langage et la pensée chez l'enfant. Neuchâtel et Paris: Delachaux et Niestlé.
- PIAGET, J. (1924). Le jugement et le raisonnement chez l'enfant. Neuchâtel et Paris: Delachaux et Niestlé.
- PIAGET, J. (1927). La causalité physique chez l'enfant. Paris: Alean.
- PIAGET, J. (1947). La psychologie de l'intelligence. Paris: Armand Collin.
- PIAGET, J. (1954). Les relations entre l'affectivité et l'intelligence dans le développement mental de l'enfant. Paris: Centre de documentation universitaire.
- PIAGET, J. (1957). Logique et équilibre dans les comportements du sujet, in L. Apostel, B. Mandelbrot, J. Piaget (Eds.): Etudes d'épistémologie génétique. II: Logique et équilibre (pp. 27-117). Paris: Presses Universitaires de France.
- PIAGET, J. (1971). Problems of equilibration, in C.F. Nodine, J.M. Gallagher, R.D. Humphreys (Eds.): Piaget and Inhelder on equilibration. Philadelphia: The Jean Piaget society.
- PIAGET, J. (1975). L'équilibration des structures cognitives: problème central du développement. Paris: Presses Universitaires de France.

- PIAGET, J., GARCIA, R. (1971). Etudes d'épistémologie génétique. XXVI: Les explications causales. Paris: Presses Universitaires de France.
- QUINTIN, E. (1972). La maturité pour l'apprentissage de l'arithmétique élémentaire, construction d'un test. Thèse de doctorat inédite, Université catholique de Louvain.
- QUINTIN, E. (1972). Un test de maturité pour l'arithmétique. Orientation professionnelle, 8, 3, 226-243.
- QUINTIN, E. (1978). Test MAE. Standardisation pour une population québécoise. Rapport de recherche, No. 11.
- QUINTIN, E. (1980). Plan de "readiness" pour l'apprentissage de l'arithmétique. Texte photocopié, 163 p..
- RENSHAW, P.D. (1977). Cognitive conflict, peers, and volume conservation. Rapport de recherche, No. 143.
- SMEDSLUND, J. (1961). The acquisition of conservation of substance and weight in children: V. practice in conflict situations without external reinforcement. Scandinavian journal of psychology, 2, 156-160.
- SMEDSLUND, J. (1964). Internal necessity and contradiction in children's thinking, in R.E. Ripple, V.N. Rockcastle (Eds.): Piaget rediscovered (pp. 92-94). New-York: Cornell school of education press.
- SMITH, J.D. (1976). Reaction to contradiction and perceptual decentering in EMR and non-EMR children. Dissertation abstracts international, 36, 8-A, 5203.
- SMITH, J.D. (1977). EMR and non retarded children's reactions to contradiction. American journal of mental deficiency, 82, 1, 94-97.
- STAVY, R., BERKOVITZ, B. (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. Science education, 64, 5, 679-692.
- TERMAN, L.M. (1916). The measurement of intelligence. New-York: Houghton Mifflin.